

REFERENCIA

**INTERACCIONES DE FERTILIZANTES
Y SALES DEL SUELO**

Por

PEDRO JULIO NARVAEZ PALOMINO

ALVARO ARIZA ROMERO

MARCO RODRIGUEZ BATISTA

Tesis de grado presentada como requisito parcial para
optar el título de :

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis :

ELIECER CANCHANO N. I.A.

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA
SANTA MARTA**

1979



Tes. 282 Ago.

#2586

IA 00393

"Los Jurados examinadores del trabajo de tesis, no serán
responsables de los conceptos e ideas emitidas por los
aspirantes al título"

↓



DEDICO :

A mis padres

A mis hermanos

A mis sobrinos

A mis familiares Rodríguez Aguilar

A mi amiga Gloria Mylina Teng

PEDRO JULIO



DEDICO :

A la memoria de mi padre

A mi madre

A mis hermanos

A mi hija

A mi novia Ana Soffa

A mis amigos

ALVARO



DEDICO :

A mis padres

A mis hermanos

A mi esposa

A mi hijo

MARCO AURELIO

AGRADECIMIENTOS A :

ELIECER CANCHANO N. I.A.

Por su gran colaboración real y efectiva para que el presente trabajo se llevase a cabo.

MANUEL GRANADOS I.A. M.S.

Por su buena voluntad en la realización de los análisis.

LOS PROFESORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA

LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD

LOS AUTORES

CONTENIDO

CAPITULO		PAGINA
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION DE LITERATURA	3
3	MATERIALES Y METODOS	16
	3.1 DESCRIPCION DEL AREA	16
	3.1.1 Ubicaci3n Geogr3fica	16
	3.1.2 Características Generales	16
	3.2 DESARROLLO DEL ESTUDIO	17
	3.3 TRABAJO DE LABORATORIO	19
4	RESULTADOS Y DISCUSION	21
5	CONCLUSIONES	28
6	TABLAS Y FIGURAS	29
7	RESUMEN	48
8	BIBLIOGRAFIA	50

INDICE DE TABLAS

	PAGINA	
TABLA 1	Propiedades del suelo "San Pedro" FArA, con el que se hicieron los experimentos.	30
TABLA 2	Tratamiento de un experimento en invernadero para determinar la interacción entre sales y fertilizantes.	31
TABLA 3	Peso seco de la planta del algodónero desarrollada en macetas, en cada tratamiento de los que se muestran en la tabla. Promedio de tres repeticiones.	32
TABLA 4	Contenido de nitrógeno y cloruros en el algodónero carbono y fósforo en el suelo, por tratamientos.	33
TABLA 5	Contenido de cationes del algodónero, según el tratamiento.	34
TABLA 6	Contenido de cationes intercambiables en el suelo, por tratamiento.	35

TABLA 7	Contenido de P, CIC, pH y CE, en los suelos por tratamiento.	36
TABLA 8	Rendimiento del algodónero y CE del extracto de saturación del suelo, para los tratamientos que se muestran en la tabla 2.	37
TABLA 9	Relación entre iones para los tratamientos que se encuentran en la tabla 2 (análisis foliar).	38
TABLA 10	Relación entre iones para el tratamiento que se muestra en la tabla 2 (análisis del suelo).	39
TABLA 11	Porcentaje de saturación de K y Na en las muestras de suelo por tratamiento.	40
TABLA 12	Análisis de Varianza producción en base a materia seca por tratamiento.	41

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
FIGURA 1 Relación entre C.E. y el rendimiento del algodonero.	42
FIGURA 2 Relación entre el pH y la Conductividad Eléctrica	43
FIGURA 3 Relación entre el pH y la Conductividad Eléctrica.	44
FIGURA 4 Relación entre el (%) de sales agregadas al suelo y el P (ppm). Tratamientos 1 al 6 y 19 al 24.	45
FIGURA 5 Relación entre el (%) de sales agregadas y la producción del algodonero en gramos/maceta.	46
FIGURA 6 Relación entre (%) de cationes intercambiables en el suelo y las sales y los fertilizantes agre gados al suelo.	47



1. INTRODUCCION

Es bien conocido por los técnicos y agricultores el gran problema que presenta los suelos afectados por sales en la instalación y rendimientos de los cultivos comerciales. Este problema no es nuevo y siempre se ha venido trabajando para encontrar el método más eficiente y económico para la recuperación de estos suelos.

Se ha estudiado que el lavado es muy ventajoso en la sustitución del sodio intercambiable cuando se van a emplear enmiendas, pero es necesario tener muy en cuenta el costo por hectárea para que sea económicamente rentable. Las operaciones del lavado y la aplicación de mejoradores químicos en el campo, casi siempre presenta un gasto considerable, por lo tanto, antes de intentar el mejoramiento de los suelos salinos y sódicos en gran escala conviene determinar si el tratamiento propuesto es adecuado. Lo anterior es extremadamente importante especialmente para los suelos afectados por sales en Colombia (agricultura subdesarrollada) ya que son muchas las áreas en zonas de explotación comercial que presentan este tipo de problema.

Muchos autores entre ellos Dregne y Hojallali (4), han propuesto técnicas para recuperar estos suelos empleando fertilizantes simples y compuestos para obtener a la vez producciones de un cultivo comercial, esta técnica reviste importancia ya que el agricultor no tendría que dejar sus suelos sin cultivar cuando el proceso de recuperación se esté efectuando.

Aunque existen plantas resistentes a la salinidad no se puede afirmar que los suelos afectados por sales y sodio, sean agrícolamente explotables, porque de una u otra manera las sales y el sodio van a incidir en la producción.

Lo anterior y teniendo en cuenta que muchos de los suelos de la Costa Atlántica que se encuentran bajo cultivos comerciales y presentan en diferentes grados problemas de salinidad, los autores del presente trabajo conscientes de ellos aplicaron la técnica propuesta por Dregne y Hojallali (4).

Los objetivos de este estudio fueron:

1. El efecto de las concentraciones de las sales (NaCl y KCl), en el desarrollo del algodónero (Gossypium hirsutum L.) con y sin fertilizantes, potásico, nitrogenado y fosfatado, empleando diferentes dosis tanto de sales como fertilizantes.
2. Estudiar, si los fertilizantes aplicados (Nitrogenado, potásico y fosfatado), afectan la tolerancia del algodónero (Gossypium hirsutum L.) a las sales aplicadas, es decir si las aplicaciones de fertilizantes químicos hacen o dan un medio de resistencia al algodónero (Gossypium hirsutum L.) sin que las sales afecten la producción, ya que es posible usar suelos afectados por sales en cultivos comerciales aplicando fertilizantes.
3. Estudiar el efecto comparativo del KCl y NaCl sobre el fósforo tanto foliar como el del suelo y su respectiva incidencia en la producción del algodónero (Gossypium hirsutum L.) medida en materia seca.

2. REVISION DE LITERATURA

El algodónero (Gossypium hirsutum L.) es un cultivo relativamente tolerante a condiciones de salinidad, y que responde favorablemente, por lo menos bajo ciertas condiciones, a las aplicaciones de sodio; ya que este cultivo (Gossypium hirsutum L.) tolera un nivel del 5 al 12% de Na o sea de 1 a 3 meg Na/100 gr. Esto se debe en gran parte, a la sustitución del Na en el requerimiento del potasio del cultivo, cuando el nivel del potasio es bajo. Sin embargo se han obtenido resultados parecidos en regiones áridas, sin deficiencia del potasio (4).

No se ha determinado si se podrían neutralizar los efectos tóxicos del sodio en el algodónero (Gossypium hirsutum L.), con fuertes aplicaciones de fertilizantes a base de potasio. La mayoría de los estudios del antagonismo de sodio-potasio, se han hecho en suelos alcalinos con niveles bajos de salinidad. La fertilización ha reducido la adsorción de sodio, en los cultivos que tienden a acumularlo como la cebada. El efecto es menos claro con cultivos que excluyan al sodio, como el maíz. Investigaciones de Huffaker y Wallace, citados por DREGNE (4), demuestran que el sodio y potasio son compatibles y, basándose en la toma relativa por las plantas, indican que los dos son absorbidos en el mismo lugar de la raíz. Una consecuencia del carácter compatible de adsorciones en la exclusión de Na. con tratamiento de potasio, es que se vuelve cada vez más difícil según va aumentando la concentración de sodio.

Llega un punto en que el potasio necesario para causar la exclusión de sodio

llega a ser tan alto, que el daño por salinidad provendría del mismo potasio (4).

Hermann, citado por Dregne (4), estudió la reacción de plantas regadas con aguas salinas y pronosticó que las aplicaciones de sodio aumentarían la asimilación de potasio, pero que las aplicaciones de sodio bajarían la asimilación de sodio, lo que es contrario al concepto de la competencia sencilla por los lugares de adsorción en las raíces. Trabajando con maíz, tomate y girasoles; Hermann y Ratnes, citados por Dregne (4) encontraron que un aumento de potasio redujo la asimilación de sodio en los tres cultivos. Las aplicaciones de sodio tenían un efecto variable pero generalmente pequeño en la asimilación del potasio.

De Sigmond y Magistad, han propuesto que el sodio y el potasio intercambiable deben considerarse como aditivos al definir los suelos sódicos con alto contenido de potasio intercambiable, tienen mejores propiedades físicas y son más fácilmente recuperables que otros suelos sódicos que tienen cantidades similares de sodio, pero bajas cantidades de potasio intercambiable (10).

Desde el punto de vista práctico, es afortunado que los cationes Ca y Mg, en la solución del suelo sean más fuertemente adsorbidos que el sodio por el complejo de intercambio.

En general más de la mitad de los cationes solubles deben ser sodio, antes de que sean adsorbidas cantidades de importancia por el complejo de intercambio. Sin embargo en algunas soluciones de suelos salinos, prácticamente todos los catio

nos son sodio, por lo que es el catión adsorbido predominantemente. El sodio rara vez representa más de la mitad del total de los cationes solubles y por lo tanto, no es adsorbido en forma importante. Tanto el potasio soluble como el intercambiable son en general constituyentes de menor importancia, aun cuando ocasionalmente se tornen en constituyentes mayores. Los aniones principales son el cloruro, el sulfato y a veces el nitrato. Los suelos salinos casi siempre se encuentran floculados debido a la presencia de un exceso de sales y a la ausencia de cantidades significantes de Na. intercambiable. Las plantas de cultivo varían ampliamente en su grado de tolerancia a las sales. El algodónero (Gossypium hirsutum L.) puede tolerar hasta 10 veces más sales que el fríjol y los árboles frutales, para muchas plantas de cultivo moderadamente tolerante y sensibles no hay un límite seguro de salinidad (10).

El exceso de sodio tiene un efecto tóxico directo sobre las plantas e indirectamente afecta las condiciones físicas del suelo y las de nutrición de las plantas. Por dispersión de los coloides causa el sellamiento de los poros y por lo tanto induce baja permeabilidad deficiente aireación, dificultad de laboreo. La presencia de carbonato de calcio y de materia orgánica, en cantidad apreciable, disminuye la intensidad de estos problemas y facilitan el mejoramiento de los suelos sódicos (6).

En estos suelos es frecuente que se presenten asociados una serie de desórdenes nutricionales del algodónero (Gossypium hirsutum L.), relacionados en parte con la limitación de las plantas para sus funciones de absorción y transpiración,

ocasionadas por el desequilibrio aire-agua y, por otra, debido a las interacciones negativas o antagónicas del sodio con el calcio, potasio y magnesio (6).

La relación entre presión osmótica y la conductividad eléctrica es muy útil con ciertos fines agrícolas, puede medirse más rápidamente que el punto de congelación. La relación entre presión ósmotica y conductividad eléctrica en mezclas de sales que se encuentran en suelos salinos, según datos de Campbell y colaboradores, calculándose los valores de la presión ósmotica a partir de las determinaciones del descenso del punto de congelación (10).

Bower encontró que la conductividad eléctrica de una suspensión al 5% de monmorillonita saturada con calcio, era de 0.072 milimhos/cm, pero que saturado con sodio, la conductividad era de 0.446 milimhos/cm (10).

Antes de considerar los efectos tóxicos específicos causados por concentraciones excesivas de sales solubles, es necesario mencionar otros efectos de ciertos iones.

Aun cuando no se consideran nutrientes esenciales para la planta, el sodio y el cloro, cuando se hallan presentes en concentraciones relativamente pequeñas pueden estimular la productividad en ciertos cultivos (10).

Harmer y Benne, han atribuido al sodio incrementos en el rendimiento de remolacha, apio, acelga suiza y nabos. Dichos autores consideran que el sodio es

casi tan necesario como nutrientes para estos cultivos como lo es el ion potasio.

Otros autores consideran que el efecto del Na es más indirecto, ya sea sustituyendo al potasio en cierto grado cuando éste es deficiente; Dorph, Petersen y Steenberg, o limitando la acumulación excesiva del calcio, que en el caso de la remolacha resulta en el desarrollo de una planta típica del calcio caracterizada por coloración verde azulosa y por enanismo (10).

El algodónero (Gossypium hirsutum L.) se siembra en suelo cuyo pH fluctúa entre 5 y 8 aunque en algunas ocasiones la reacción es un poco más baja o un poco más alta respectivamente. Los rendimientos del algodónero (Gossypium hirsutum L.) tienden a disminuir en la medida que el pH de los suelos baje de 5.5 o suba de 7.5 haciéndose necesaria la realización de tratamientos especiales para corregir los problemas asociados con la acidez del suelo, en el primer caso, o con la alcalinidad en el segundo (6).

El pH del suelo está influenciado por la composición de los cationes intercambiables, la naturaleza de los materiales de intercambios catiónicos, composición y concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos de metales alcalinos (6).

Bassett y colaboradores, citados por Ramírez (13), estudiaron en 1.970 la producción de materia seca y la adsorción de elementos nutritivos del algodónero (Gossypium hirsutum L.) en distintas localidades irrigadas en Valla Sant Joaquin

en California. En sus experimentos la cosecha de fibra fue relativamente alta, de 1178 a 1628 Kg/ha, con una producción media de materia seca de 690 a 899 Kg/ha. Las plantas maduras contenían 142 Kg N, 19 Kg P y 127 Kg K/ha. El nivel mínimo de nitrógeno en las hojas considerado como adecuado para el algodón nero (Gossypium hirsutum L.) por Champman, Small, Samuels, Bonnet y Mello, citado por Ramírez (13) fue de 4.50; 4.30; 5.00; 2.79 y 3.44%, respectivamente.

Los trabajos de Bonnet y Mello citado por Ramírez (13) fueron hechos en potes, esa puede haber sido la razón para la diferencia tan grande entre los valores reportados por ello con respecto a los demás. Tincknell y otros (14) en Venezuela sugieren 4.50% de N. como nivel mínimo para plantas sanas, o sea para plantas sin síntomas aparentes de deficiencia.

Los niveles reportados como adecuados para potasio en el tejido foliar son variables. Samuels considera que 3.22% es bueno, Chapman sugiere 3.00% en cambio, Mello y Malavolta sugieren 1.03% y para Small entre 0.50 y 1.25% (13).

En Venezuela Tincknell y otros (14), sugieren un valor mínimo de 1.50% de potasio en las hojas, para lograr plantas sanas sin deficiencias.

Thanabadu (15), reportó sus estudios de Mg en algodónero (Gossypium hirsutum L.), e indica que para plantas de 65 días el contenido de las hojas fue 0.31% en plantas sanas y 0.19% en plantas deficientes. En un muestreo hecho a los 85 días encontró que estos porcentajes eran mayores en las hojas jóvenes, o sea de 1.00%

para plantas sanas y 0.20% para las deficientes.

La mayor o menor disponibilidad del nutrimento en el suelo es el factor primario que incide en la productividad, sin descuidar otros factores del mismo, tales como: profundidad efectiva, textura, estructura, disponibilidad de humedad, aireación, drenaje, temperatura, porosidad, consistencia, toxicidades, condiciones climáticas.

La pérdida de nutrimentos desde los fertilizantes causada por la formación de gases, hace relación casi que exclusivamente a los fertilizantes nitrogenados. Las pérdidas de NH_3 por volatilización ocurren a partir de los fertilizantes amoniacales y pueden ser muy acentuadas en suelos alcalinos de baja capacidad de intercambio catiónico en regiones cálidas, especialmente cuando la aplicación del fertilizante se hace superficial (9).

Este tipo de pérdida en forma de gas puede ocurrir también a causa de la interacción de fuentes fertilizantes antes de su aplicación. Así la mezcla de fuentes nitrogenadas amoniacales con fuentes fertilizantes alcalinas puede producir, y de hecho produce, pérdidas acentuadas de nitrógeno por volatilización (9).

Si no existiese interacción entre el suelo y el fertilizante, la forma más eficiente sería en forma líquida o altamente soluble, aplicada en época apropiada y mediante sistemas adecuados. De esta manera, se conseguiría mantener a la solución del suelo en íntimo contacto con las raíces de la planta y con una composi

ción nutricional adecuada para alcanzar la máxima producción vegetal.

En la práctica, la situación anterior nunca ocurre porque la alta solubilidad en agua de los fertilizantes generalmente se reduce acentudadamente al entrar en contacto con las partículas del suelo. A este proceso o grupo de procesos se los conoce como fijación (16). La fijación de NH_4 y K, ocurre en suelos cuya fracción coloidal mineral está dominada por arcillas de tipo 2:1, las cuales como se sabe tienen un retículo que se expande bajo condiciones de alta humedad y se contrae bajo condiciones de sequedad, permitiendo así que el NH_4 y el K sean atrapados en la red cristalina.

El fenómeno de fijación antes descrito es importante en suelos con pH alto que contienen arcillas de alta densidad de carga, como la illita y particularmente cuando la superficie del suelo está sujeta a ciclos alternos de secamiento y humedad.

La fijación de fosfatos cuando estos son aplicados al suelo como fertilizantes es un fenómeno cuyos mecanismos físico-químicos son muy conocidos.

En suelos alcalinos o calcáreos el fosfato dicálcico parece ser el producto que resulta de la interacción del fertilizante fosfatado de alta solubilidad y las partículas del suelo. Sin embargo, esta precipitación no es irreversible, pues el fosfato dicálcico puede liberar aniones fosfato a la solución del suelo. En este tipo de suelos solamente ocurrirá una verdadera fijación de fósforo cuando el

compuesto de la precipitación sea un fosfato apatítico, cuya solubilidad es muy baja (9).

La eficiencia de la fertilización nitrogenada depende principalmente de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, pH, régimen de precipitación pluvial, fuente nitrogenada utilizada, época de aplicación y especie cultivada (5).

En suelo con pH mayor de 7, la eficiencia de la fertilización nitrogenada puede ser fuertemente afectada en razón de la volatilización, especialmente cuando se hacen aplicaciones superficiales con fuentes amoniacales o urea. Bajo estas condiciones, en casos extremos la eficiencia puede bajar a un 30%. La eficiencia de los fertilizantes amoniacales puede ser muy inferior a las de las fuentes nítricas en los casos en que los suelos presenten una muy débil mineralización del NH_4 o cuando el cultivo presenta una acentuada preferencia por el NO_3 (5).

La eficiencia de los fertilizantes fosfatados, en lo relativo al suministro de fósforo a las plantas, depende de la intensidad y el tiempo en que el fertilizante está en capacidad de incrementar la concentración de fósforo de la solución del suelo en la proximidad del sistema radical. Tal como se discutió en párrafos anteriores, el grado de la interacción química de los fertilizantes fosfatados solubles, con las partículas de suelos es sumamente acentuado. La interacción del fertilizante con el suelo se incrementa al disminuir el tamaño de partícula del fertilizante, la fijación de fosfatos se incrementará cuando fuentes de alta solubilidad sean aplicados en polvo o finamente dividida, lo que trae como resultado una dis

minución en la eficiencia (5).

Por el contrario, la eficiencia se incrementará al aumentar el tamaño de las partículas del fertilizante. Lo anterior es especialmente válido cuando se trata de suelos altamente fijadores de fosfatos para un suelo alofánico, según lo demostrado por Suarez citado por Fassbender (5).

En suelos altamente fijadores de fósforo, la eficiencia puede incrementarse localizando el fertilizante en el suelo de tal manera que el contacto o interacción con el suelo sea mínimo y, por tanto, la fijación disminuya. Esto es válido cuando se trata de fertilizantes fosfatados de alta solubilidad (5). Es evidente, entonces que la eficiencia de la fertilización fosfatada está relacionada casi exclusivamente a la intensidad del fenómeno de fijación menor eficiencia de la fertilización (5).

Existen muy pocos datos relacionados con la eficiencia de las aplicaciones de potasio como fertilizante. La idea generalizada en los tratados clásicos sobre la materia es de que la fertilización potásica presenta una eficiencia muy superior a las del fósforo y que, en general puede asimilarse bastante bien a la que presenta la fertilización nitrogenada. Es decir, en general es mayor del 50%, excepto para el caso de suelos con baja capacidad de intercambio catiónico en regiones muy lluviosas (3).

La respuesta del algodónero (Gossypium hirsutum L.) al fósforo y al potasio ha sido menos frecuente y menos consistente que el nitrógeno. Los experimentos de campo han demostrado, por otra parte, que el efecto positivo del fósforo o del

potasio se manifiesta únicamente o de manera más intensa cuando se fertiliza también con nitrógeno y, que haya una tendencia general a ser mayor el rendimiento cuando se aplican los tres elementos que cuando sólo se aplican dos de ellos (7).

El conocimiento de la composición catiónica (K, Ca, Mg, Na) de las raíces y de las partes aéreas, al comienzo y al fin de la fase diferencial, permite establecer un balance de las cantidades de diferentes cationes que acceden a las raíces y a las partes aéreas, bajo las condiciones impuestas, o sea, en presencia o ausencia de elementos nutritivos en el medio de cultivo y cuando la absorción de agua es elevada o débil. Este estudio pone en evidencia los siguientes hechos:

- El flujo hídrico puede influenciar la velocidad de traslación de los elementos de las raíces a las partes aéreas, en ausencia de elementos en el medio de cultivo.

- El flujo hídrico puede influenciar la velocidad de absorción y de traslación iónica, en presencia de elementos en el medio de cultivo.

Estos dos fenómenos se observan en el caso del K. La absorción y traslación de Mg y Na es influenciada, sólo en el caso que estos elementos estén presentes en el medio de cultivo. Finalmente, el suministro de Na a las partes aéreas está en relación lineal con el flujo hídrico, para la concentración de Na del medio utilizado. Los movimientos de Ca, parecen indiferentes a la velocidad de absorción de agua (17).

~~La influencia del flujo de agua a través de las plantas de maíz y de cebada,~~

puede ejercerse sobre los movimientos de ciertos iones y particularmente K, Na, y Mg, aun a concentraciones iónicas del medio de cultivo relativamente elevadas. Las variaciones de la composición catiónica de las raíces y de las partes aéreas, que resultan de las variaciones de transpiración, presentan particularidades diferentes para el K, el Na y el Mg (18).

Se han efectuado ensayos a fin de determinar el efecto de la relación raíz/suspensión sobre la disponibilidad de Ca y de K para raíces de maíz extirpadas en suspensiones de betonita. La absorción de Ca aumentaba cuando la relación era incrementada de 0.16 a 3.8 g/litro en sistemas que habían sido bien removidos durante el período de absorción. La absorción de potasio no se ha visto afectada por esta gama de relaciones.

Cuando la relación efectiva raíz/suspensión ha sido variada, regulando el flujo de suspensión a través de una cantidad fija de raíces, la absorción de K ha sido mucho menos elevada para una relación raíz/suspensión elevada (ningún flujo) que para una relación baja. La absorción de calcio ha sido afectada de una manera similar, pero en menor grado.

Una comparación entre judía de Mungo, soja, maíz y trigo ha puesto en evidencia diferencias marcadas entre las especies concernientes al efecto del flujo de suspensión sobre la disponibilidad en Ca y K. Se concluye que las técnicas experimentales usuales empleadas en los estudios sobre raíces extirpadas tienen tendencias a minimizar el efecto de la interacción entre las raíces y las partículas de arcilla,

lo que rinde los resultados menos representativos de las condiciones naturales (8).

La tasa de absorción de un elemento nutritivo puede estar limitado por su tasa de difusión a través del suelo o por la capacidad de la raíz para absorberle desde la baja concentración en la solución del suelo. En el margen de la relación crecimiento-variación de la respuesta de la concentración, la absorción de N, P y K parece estar limitada por la difusión. La tasa de transpiración en estas condiciones ejercería poca influencia. La raíz puede ser capaz de incrementar la concentración de la solución del suelo de los escasos elementos nutritivos solubles (11).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 DESCRIPCION DEL AREA

3.1.1 UBICACION GEOGRAFICA.

La granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena, se encuentra ubicada geográficamente así:

Longitud Oeste $74^{\circ} 07'$ y $74^{\circ} 12'$

Latitud Norte $11^{\circ} 11'$ y $11^{\circ} 15'$

Tiene una altura sobre el nivel del mar de 14 metros y una temperatura media anual de $28,06^{\circ}\text{C}$.

La extensión actual de estos terrenos es de 54 has. Limita por el norte con el río Manzanares, por el sur con la carretera Troncal del Caribe; por el Este, con terrenos del Departamento del Magdalena; por el Oeste, con propiedad de Nelson Riascos Vives. De esta superficie, corresponden a la Granja, un total de 32 has. en las que se encuentran los umbráculos donde se realizaron los estudios.

3.1.2 CARACTERISTICAS GENERALES

Según el sistema de Clasificación de Köppen, el clima correspondiente a esta zona: "Clima estepario tropical cálido con un período seco", como lo registra Cabrera y colaboradores (1). El régimen pluviométrico presenta dos épocas: una de sequía de diciembre a abril y otra relativamente lluviosa de mayo a noviembre. En los meses de junio y julio, presenta mayor precipitación, correspondiente al primer semestre, de septiembre a noviembre al segundo semestre,

según lo consignan Cuello y colaboradores (2).

3.2 DESARROLLO DEL ESTUDIO

Las muestras se tomaron en la granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena, previo análisis del pH, para tomar un suelo que se ajustara al pH de 8.5.

El suelo después de ser tamizado se dejó secar al aire durante 15 días. Se emplearon macetas de plástico para evitar contaminaciones al suelo, estas macetas tenían una altura de 22 cms. y un diámetro de 17 cms. Se pesaron 4.0 kilos de suelo mezclados con los diferentes fertilizantes, se regaron hasta el punto de capacidad de campo y se ubicaron de acuerdo al diseño. No se hizo análisis de suelo antes de aplicar los fertilizantes.

El diseño empleado fue el de bloques al azar, con 30 tratamientos y tres replicaciones (ver tabla 2).

La semilla utilizada fue Delta Pine 61, se colocaron por macetas 5 semillas para dejar al final dos plantas por macetas. Durante el período de desarrollo se regaron las macetas cuando el suelo se encontraba bajo en humedad, el agua se aplicaba tanto en el plato como en el suelo. Las macetas se colocaron en un sombreador, de techo plástico y paredes de anjeo con piso de cemento. Los tratamientos usados se encuentran relacionados en la tabla 2.

Las dosis de los tratamientos son las siguientes:

<u>ELEMENTO</u>	<u>FUENTE</u>	<u>DOSIS/ha</u>
N	NH_4NO_3	100 Kg NH_4NO_3
K	KCl 60% K_2O	50 Kg KCl 60% K_2O
P	Super Fosfato Triple 46% P_2O_5	50 Kg S. Fosfato Triple 46% P_2O_5
Na	NaCl	0,0 gr/4Kg Suelo
Na	NaCl	2 gr/4Kg Suelo
Na	NaCl	4 gr/4Kg Suelo
Na	NaCl	8 gr/4Kg Suelo
Na	NaCl	16 gr/4Kg Suelo
Na	NaCl	32 gr/4Kg Suelo
K	KCl(quimicamente puro)	0,0 gr/4Kg Suelo
K	KCl	2.4 gr/4Kg Suelo
K	KCl	4.8 gr/4Kg Suelo
K	KCl	10 gr/4Kg Suelo
K	KCl	20 gr/4Kg Suelo
K	KCl	30 gr/4Kg Suelo

Lo anterior representa para el caso del NaCl:

0,0% - 0,05% - 0,10% - 0,20% - 0,40% y 0,60%.

Para el caso del KCl representa:

0,0% - 0,06% - 0,12% - 0,25% - 0,50% y 0,75%.

Durante el experimento no se presentaron plagas ni enfermedades en las plantas de algodónero (Gossypium hirsutum L.), aunque en algunos tratamientos por efecto de la sal, el algodónero (Gossypium hirsutum L.), sufrió fitotoxicidad. Las malezas que se presentaron fueron eliminadas manualmente.

A los 45 días de germinadas las semillas se recolectaron plantas, se colocaron en bolsas de papel y se llevaron a la estufa para secarlas a 72^oc durante 12 horas (peso constante). Se tomaron además muestras de suelo por tratamiento para los análisis respectivos.

Las muestras secas se pesaron para obtener la producción en base al peso seco. Se molieron y se les determinó Ca, Mg, Na, P, Cl y Nitrógeno (ver tabla 5).

Las muestras de suelo se secaron al aire y se les determinó: Mg, CIC, pH, P, K, Na, CE y C. (ver tabla 6).

3.3 TRABAJO DE LABORATORIO

Para el análisis foliar, se utilizó el espectrofotómetro de adsorción atómica y para el análisis de fósforo, el colorimétrico. Para el suelo se determinó el Mg, el K, Na, Ca, por el espectrofotómetro de adsorción atómica, el P, por

el método colorimétrico, el pH el potenciométrico, la CIC por el método del formaldehído, y la Ce, por el conductímetro. (ver tabla 7).

Estos análisis sirvieron para analizar las interacciones entre sal y fertilizantes.

1. Efectos de las concentraciones de las sales en el desarrollo del algodón nero (Gossypium hirsutum L.) con o sin fertilizantes.
2. Si los fertilizantes aplicados afectan a la tolerancia del algodónero (Gossypium hirsutum L.) a la salinidad.
3. La toxicidad comparativa del NaCl y KCl.
4. El efecto de NaCl y KCl sobre el P se realizó el desarrollo estadístico para producción en base a materia seca y se correlacionaron el efecto del NaCl con la producción el KCl con la producción el NP + NaCl con la producción el NP y KCl con la producción el NPK + NaCl con la producción.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Seis días después de la siembra habían germinado las semillas en todos los tratamientos menos en los que tenían NaCl 0.4% y 0.6%, en el que tenía NP-0.6% de NaCl y en los que contenían NPK NaCl en porcentajes de 0.2, 0.4 y 0.6 (esto coincide con lo encontrado por Dregne y Hojallali). Al efectuarse la resiembra las plantas no lograron establecerse en dichos tratamientos. La germinación fue más rápida en las macetas bajo tratamiento de NaCl y KCl pero que contenían fertilización. A los 28 días las plantas presentaban diferentes alturas según el tratamiento, lo cual era un indicador del rendimiento final. El algodónero (Gossypium hirsutum L.) con los tratamientos de KCl era ligeramente más alto que la del tratamiento de NaCl, pero las plantas que contenían NP-KCl no mostraban gran diferencia en altura, con las plantas que contenían NP-NaCl, excepto el tratamiento con 0.6% de NaCl. La diferencia en rendimiento al final del experimento se muestra con la tabla de producción (ver tabla 3), los resultados fueron muy similares a las diferencias de alturas. Hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos. (ver análisis de varianza tabla 12). En la tabla 3 de producción se observa que los mejores tratamientos fueron: NP-0.06%KCl con 3.98 grs, NPK-0.05% de NaCl con 3.77 grs, el NP-0.25% de KCl con 3.52 grs, el testigo tuvo una producción de 3.16 grs.

En la figura 1 se ve la relación que existe entre el rendimiento del algodónero (Gossypium hirsutum L.) y la conductividad eléctrica (C.E) del extracto de saturación del suelo, en el momento de la recolección, allí se puede observar como

la Conductividad Eléctrica influye sobre la producción a pesar de ser producciones bajas; esta diferencia no fue encontrada por Dregne y Hojallali quienes obtuvieron rendimientos muy similares en estos tratamientos. Por debajo de 7 milimhos/cm de Conductividad Eléctrica, el rendimiento de NP+KCl fue superior al de NP+NaCl, para el mismo nivel de salinidad, pero sobre 7 milimhos/cm ambos tratamientos disminuyen totalmente, de la misma manera se anota que el tratamiento NaCl+NPK presenta menor rendimiento que el NP+KCl, pero sólo únicamente hasta los 7 milimhos/cm, ya que a medida que aumenta la Conductividad Eléctrica, disminuye la producción en ambos tratamientos, esto indica que el potasio tuvo efecto positivo para el algodónero (Gossypium hirsutum L.) efecto contrario obtuvieron Dregne y Hojallali (4), que fue por sodio en cebada. La relación con el potasio posiblemente no es sencilla pero de acuerdo a los resultados de producción, se observa en la tabla de producción, que cuando se aplica NaCl únicamente el rendimiento es bajo, pero al combinarlo con NP los rendimientos aumentan. Estos resultados demuestran claramente como los fertilizantes reducen los efectos negativos de las sales del suelo, pero sólo cuando la salinidad es relativamente baja, esto concuerda con los de Dregne y Hojallali. También demuestran estos datos que el sodio es más tóxico para el algodónero (Gossypium hirsutum L.) que el KCl, pero que altas dosis de KCl pueden ser contraproducentes.

Se estudió el pH del suelo con el fin de conocer su variación a medida que aumenta la salinidad. El estudio se hizo en pasta relación suelo agua 1:2.5.

La figura 2, muestra el diagrama del pH contra la Conductividad Eléctrica

del extracto de la saturación de salinidad bajo el pH, aunque se anota que no hubo gran diferencia en las variaciones de los tratamientos (ver tabla 7), lo anterior también lo encontraron Dregne y Hojallali (4), al trabajar con cebada con suelos que presentaban 4% de sodio intercambiable y una capacidad de intercambio de 13.9 meg/100 gr.

Los niveles del nitrógeno con respecto a la salinidad aumentan especialmente con el NaCl, mientras que el KCl sufre un aumento hasta 0.25% y luego comienza un descenso (ver tabla 4). En el suelo el carbono también sufre un incremento, a medida que aumenta la sal, en los tratamientos NP+NaCl y 0.5 con KCl.

El fósforo para el análisis foliar tiende a disminuir a medida que se incrementan las sales, pero en el suelo la tendencia es inversa para los tratamientos de KCl y KCl+NP esta tendencia también se sigue en el tratamiento con NaCl y NaCl+NP, mientras en los tratamientos NaCl+NPK, el fósforo tiende a aumentar en los suelos. En la figura 1, también se observa que al aplicar fertilizantes aumentan los rendimientos algodoneros.

Prince y otros investigadores, citados por Dregne (4), han sostenido que en una zona climática dada, por las plantas de la misma especie tiende a acumular, una cantidad relativa constante de cationes, mientras que Lunin, citado por Dregne (4) afirma que esta constancia no se manifiesta cuando los suelos son salinos, esto queda confirmado si se observa la tabla 5.

El contenido de cationes no guarda ninguna relación con los rendimientos. Cuando se estudian las correlaciones $(Ca+Mg) :K$, se encuentran correlación directa, $K:Mg$ no hay correlación, para $K:Na$ tampoco existe, para $K:Ca$ no existe, $N:K$ no existe y $N:P$ no existe tampoco. En el caso de los suelos no existe correlación para $K:Na$, KCa , $K:Mg$ y $(Ca+Mg):K$.

En la tabla que muestra los cationes intercambiables del suelo se observa que el calcio, para el caso de tratamiento de $NaCl$ al 0.1% aumenta, pero luego disminuye; en $NP+NaCl$, sufre un incremento bastante sensible, lo mismo que para el caso de $NPK+NaCl$; en el caso del magnesio las variaciones son muy ligeras, pero en el caso del potasio para los tratamientos con $NaCl$ los aumentos son pocos sensibles no así para los tratamientos con KCl tanto con fertilizantes como solo; el sodio parece no sufrir modificaciones sensibles en ninguna de los tratamientos. Dregne trabajando con cebada, encontró que el contenido de cationes solubles estuvo bastante bien relacionado con la absorción por la cebada. El contenido de cationes intercambiables lo encontró inversamente proporcional a la asimilación de cationes, pero ambos estaban relacionados con el sodio intercambiable; al estudiar las relaciones de los elementos con respecto a la producción, se observa (tablas 8, 9 y 10), que la mejor producción se obtiene para una relación $Ca:mg$ 2.77, $Ca:K$ 2.37, y $(Ca+Mg) :K$ 0.92. El tratamiento correspondiente es $NP-0.06\%$ KCl .

El hecho de que el sodio permanezca constante o aproximadamente constante se debe posiblemente a una consecuencia de carácter compatible de absorción debido

a que la exclusión del sodio con tratamiento de potasio se vuelve cada vez más difícil según se va aumentando la concentración de sodio, llega un momento en que el potasio necesario para exclusión del sodio llega a ser tan alto que el daño por salinidad prevendría del potasio, Huffekar y Wallace citados por DREGNE (4).

Los rendimientos del algodónero (Gossypium hirsutum L.) posiblemente no han sido muy afectados por la concentración salina media, ya que esta planta se adapta muy bien hasta pH de 8 (6).

El algodónero (Gossypium hirsutum L.) puede tolerar 10 veces más sales que el frijol, y que los árboles frutales (6); lo cual viene a confirmar la existencia del cultivo en materas con alto contenido de sales.

En los tratamientos con NaCl podemos observar, que a medida que incrementados el Na se incrementa la Conductividad Eléctrica según la tabla 7, así como también se incrementa el pH pero las producciones disminuyen considerablemente, ya que el Na no ejerce más que una pequeña influencia sobre los rendimientos y especialmente en la calidad biológica (16).

Cuando se mezcla el NaCl con nitrógeno y fósforo se observa un aumento únicamente hasta el punto de 0.05 de NaCl disminuyendo considerablemente luego, esto nos indica claramente que el Na afecta el rendimiento del algodónero (Gossypium hirsutum L.) aun en presencia de NP en las dosis aplicadas. Esto también fue encontrado por Voisin (16), trabajando en remolacha azucarera y conceptúa que



un elemento mineral que no ejerce más que una pequeña influencia sobre el rendimiento tiene influencia colosal sobre la calidad biológica de las plantas.

En el caso de combinar NPK+NaCl, los rendimientos se comportan muy igual que cuando se hacen aplicaciones de NP+NaCl. En este caso que se aplica potasio este elemento causaría desaparición del sodio como posiblemente lo ha hecho cuando el sodio está en dosis de 0.05% (16). Sin embargo para dosis superior NaCl el potasio no es capaz de eliminarlo reflejándose en la producción los efectos dañinos del sodio. Posiblemente en el caso del NaCl sea bajo, se ha podido presentar un antagonismo del potasio sobre el sodio, pero al incrementarse el antagonismo se hace inverso.

Cuando se usa KCl como tratamiento únicamente se observa que la producción decrece a medida que aumentamos el K, esto puede ser porque el potasio presenta efectos antagónicos frente a los macroelementos (Mg, Ca, Na), hasta tal punto que el Na puede desaparecer totalmente, esto se puede observar en la tabla 5 (contenido de Na foliar en el algodón) en donde el elemento decrece a medida que se aumenta el K. Al desaparecer los elementos anteriores así como también el boro, las producciones merman (16).

Cuando aplicamos el KCl+NP en dosis estandar la producción tiende a aumentar hasta con un contenido de KCl del 0.50%. Esto nos indica que el P y el N, tienden a equilibrar el potasio restándole su influencia nociva, ya que una acumulación de K en el suelo traerá como consecuencia la desaparición rápida de otros

elementos en el suelo con la consecuencia grave en la producción. (16).

Cuando se observan los resultados del análisis foliar observamos que al aplicar NaCl, el sodio tiende a aumentar y el magnesio a disminuir; mientras que cuando aplicamos KCl el sodio tiende a disminuir y el magnesio permanece más o menos constante aunque las sales se encuentran con NPK o NP; esto se debe al poder antagónico del Na y K sobre otros elementos.

5. CONCLUSIONES

1. En los casos de contenido de sales baja a moderada las aplicaciones de fertilizantes en base a NPK redujeron los efectos nocivos de la salinidad del suelo en los rendimientos.
2. En el caso de alto contenido de sales se encontró:
 - a) El NaCl al incrementarse en el suelo se va transformando en fitotóxico ya que a niveles sobre 0.4% las plantas no germinan.
 - b) Para el KCl, sólo se encontró un efecto nocivo para dosis de 0.5% y 0.75% con o sin fertilizantes.
3. Los rendimientos en producción de materias secas fueron más afectados por NaCl, que por KCl, y aun más para NaCl+NPK.
4. El pH de los suelos en forma general disminuyó pero el porcentaje de carbón aumentó en el suelo en forma bastante ostensible.
5. El contenido de cationes intercambiables en el algodónero, no fue afectado por el pH.
6. El contenido de sodio en el algodónero aumenta con la aplicación de NaCl, pero disminuyó con la aplicación de KCl.

TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1. PROPIEDADES DEL SUELO "SAN PEDRO" FRANCO
 ARCILLO ARENOSO, CON EL QUE SE HICIERON LOS
 EXPERIMENTOS.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Textura	Granulometría	
CIC.	me/100 gs	10,7
P.S.I.	%	20.56
P.K.I.	%	14.95
Cationes		
Calcio	me/100	6.50
Mg	me/100	2.15
K	me/100	1.60
Na	me/100	2.20
pH.	8.50
CaCo ₃	Kg/ha	6.500
Carbón Orgánico "C"	%	0.75
Nitrógeno Total	%	0.06
Fósforo "P"	Ppm	30
Arcilla Dominante:	Caolinita	

TABLA 2. TRATAMIENTOS DE UN EXPERIMENTO EN INVERNADERO
PARA DETERMINAR LA INTERACCION ENTRE SALES Y
FERTILIZANTES.

N. de tratamiento	Tratamiento
1	Testigo
2	0.05 % NaCl
3	0.10 % NaCl
4	0.20 % NaCl
5	0.40 % NaCl
6	0.60 % NaCl
7	NP + 0.0 % NaCl
8	NP + 0.05 % NaCl
9	NP + 0.10 % NaCl
10	NP + 0.20 % NaCl
11	NP + 0.40 % NaCl
12	NP + 0.60 % NaCl
13	NPK + 0.0 % NaCl
14	NPK + 0.05 % NaCl
15	NPK + 0.10 % NaCl
16	NPK + 0.20 % NaCl
17	NPK + 0.40 % NaCl
18	NPK + 0.60 % NaCl
19	Testigo
20	0.06 % KCl
21	0.12 % KCl
22	0.25 % KCl
23	0.50 % KCl
24	0.75 % KCl
25	NP + 0.0 % KCl
26	NP + 0.06 % KCl
27	NP + 0.12 % KCl
28	NP + 0.25 % KCl
29	NP + 0.50 % KCl
30	NP + 0.75 % KCl

TABLA 3. PESO SECO DE LA PLANTA DEL ALGODONERO DESARROLLADA EN LAS MACETAS, EN CADA TRATAMIENTO DE LOS QUE SE MUESTRAN EN LA TABLA. PROMEDIO DE TRES REPETICIONES.

N. de tratamiento	Peso de la planta del algodnero gr.
1	3.16
2	0.65
3	2.10
4	1.45
5	—
6	—
7	3.20
8	2.87
9	1.41
10	1.92
11	0.60
12	—
13	2.94
14	3.77
15	0.87
16	—
17	—
18	—
19	—
20	3.28
21	2.65
22	2.10
23	1.51
24	0.65
25	2.91
26	3.98
27	2.27
28	3.52
29	1.04
30	1.66

TABLA 4. CONTENIDO DE NITROGENO Y CLORUROS EN EL ALGODONERO; CARBONO Y FOSFORO EN EL SUELO, POR TRATAMIENTOS.

Tratamiento	Algodonero		Suelo	
	Nitrógeno	- Cloro	Carbono	- Fósforo soluble.
0 % NaCl	2.05 %	0.11 %	0.75 %	30 Ppm
0.05 % NaCl	2.10 %	0.17 %	0.70 %	26 Ppm
0.1 % NaCl	2.20	0.24	0.75	21
0.2 % NaCl	2.10	0.18	0.80	23
0.4 % NaCl	—	—	—	—
0.6 % NaCl	—	—	—	—
NP + 0 % NaCl	2.05	0.16	0.70	48
NP + 0.5 % NaCl	2.10	0.17	0.70	46
NP + 0.1 % NaCl	2.14	0.30	0.80	17
NP + 0.2 % NaCl	2.16	0.21	0.60	42
NP + 0.4 % NaCl	2.30	0.29	0.75	34
NP + 0.6 % NaCl	—	—	—	—
NPK + 0 % NaCl	2.20	0.25	0.70	30
NPK + 0.05 % NaCl	2.12	0.14	0.65	32
NPK + 0.1 % NaCl	2.08	0.17	0.70	46
NPK + 0.2 % NaCl	—	—	—	—
NPK + 0.4 % NaCl	—	—	—	—
NPK + 0.6 % NaCl	—	—	—	—
0 % KCl	—	—	—	—
0.06 % KCl	2.14	0.22	0.75	40
0.12 % KCl	2.18	0.18	0.60	34
0.25 % KCl	2.25	0.15	0.70	42
0.50 % KCl	2.12	0.19	0.75	36
0.75 % KCl	2.10	0.24	0.65	44
NP + 0 % KCl	2.20	0.22	0.60	38
NP + 0.06 % KCl	2.30	0.25	0.65	28
NP + 0.12 % KCl	2.15	0.20	0.75	30
NP + 0.25 % KCl	2.12	0.28	0.60	28
NP + 0.50 % KCl	2.18	0.19	0.80	19
NP + 0.75 % KCl	2.14	0.20	0.70	32

TABLA 5. CONTENIDO DE CATIONES DEL ALGODONERO, SEGUN EL TRATAMIENTO.

Tratamiento	Contenido de cationes %					
	Ca	Mg	K	Na	Total	P
0 % NaCl	0.98	0.45	1.20	0.30	2.93	0.40
0.05 % NaCl	0.94	0.34	1.17	0.31	2.76	0.50
0.1 % NaCl	0.86	0.40	1.37	0.34	2.97	0.50
0.2 % NaCl	0.92	0.36	1.25	0.28	2.81	0.47
0.4 % NaCl	—	—	—	—	—	—
0.6 % NaCl	—	—	—	—	—	—
NP + 0 % NaCl	0.93	0.37	0.99	0.34	2.63	0.45
NP + 0.05 % NaCl	1.05	0.40	1.26	0.27	2.98	0.36
NP + 0.1 % NaCl	0.88	0.38	1.29	0.35	2.90	0.38
NP + 0.2 % NaCl	1.08	0.39	1.44	0.38	3.29	0.34
NP + 0.4 % NaCl	0.90	0.32	1.38	0.25	2.85	0.36
NP + 0.6 % NaCl	—	—	—	—	—	—
NPK + 0 % NaCl	1.10	0.42	1.51	0.31	3.34	0.44
NPK + 0.05 % NaCl	0.83	0.39	1.37	0.35	2.94	0.46
NPK + 0.1 % NaCl	1.09	0.36	1.32	0.39	3.16	0.40
NPK + 0.2 % NaCl	—	—	—	—	—	—
NPK + 0.4 % NaCl	—	—	—	—	—	—
NPK + 0.6 % NaCl	—	—	—	—	—	—
0 % KCl	—	—	—	—	—	—
0.06 % KCl	0.95	0.33	1.39	0.21	2.88	0.34
0.12 % KCl	0.80	0.30	1.50	0.20	2.80	0.38
0.25 % KCl	0.93	0.36	1.43	0.16	2.88	0.35
0.5 % KCl	0.88	0.37	1.45	0.19	2.89	0.40
0.75 % KCl	0.85	0.31	1.39	0.14	2.69	0.35
NP + 0 % KCl	0.87	0.38	1.25	0.16	2.66	0.32
NP + 0.06 % KCl	0.96	0.36	1.42	0.14	2.88	0.36
NP + 0.12 % KCl	0.86	0.43	1.25	0.15	2.69	0.43
NP + 0.25 % KCl	0.93	0.40	1.49	0.20	3.02	0.40
NP + 0.5 % KCl	0.76	0.43	1.60	0.14	2.93	0.43
NP + 0.75 % KCl	0.97	0.33	1.42	0.18	2.90	0.39

TABLA 6. CONTENIDO DE CATIONES INTERCAMBIABLES EN EL
SUELO, POR TRATAMIENTO.

Tratamiento	Ca	Mg	me/100grs	K	Na
0 % NaCl	6.50	2.15		1.60	2.20
0.05 % NaCl	6.01	2.15		2.49	2.30
0.1 % NaCl	6.77	2.31		2.45	2.88
0.2 % NaCl	5.95	2.27		2.28	2.69
0.4 % NaCl	—	—		—	—
0.6 % NaCl	—	—		—	—
NP + 0 % NaCl	5.28	2.18		2.11	2.54
NP + 0.05 % NaCl	6.08	2.13		2.33	2.69
NP + 0.1 % NaCl	6.54	2.34		2.13	2.61
NP + 0.2 % NaCl	6.83	2.39		2.69	2.38
NP + 0.4 % NaCl	6.78	2.28		2.80	2.46
NP + 0.6 % NaCl	—	—		—	—
NPK + 0 % NaCl	6.79	2.39		2.43	2.55
NPK + 0.05 % NaCl	6.19	2.18		2.24	2.90
NPK + 0.1 % NaCl	6.83	2.40		2.74	2.32
NPK + 0.2 % NaCl	—	—		—	—
NPK + 0.4 % NaCl	—	—		—	—
NPK + 0.6 % NaCl	—	—		—	—
0 % KCl	—	—		—	—
0.06 % KCl	6.36	2.16		2.20	2.52
0.12 % KCl	7.06	2.43		3.16	2.65
0.25 % KCl	6.70	2.18		5.03	2.51
0.5 % KCl	5.95	2.27		6.26	2.95
0.75 % KCl	6.34	2.41		6.41	2.41
NP + 0 % KCl	6.20	2.16		1.97	2.53
NP + 0.06 % KCl	6.13	2.21		2.58	2.48
NP + 0.12 % KCl	6.29	2.27		4.15	2.55
NP + 0.25 % KCl	6.19	2.23		4.48	2.31
NP + 0.5 % KCl	5.95	2.23		6.01	2.55
NP + 0.75 % KCl	6.00	2.50		6.51	2.40

TABLA 7. CONTENIDO DE P, CIC, pH Y CE EN LOS SUELOS
POR TRATAMIENTO.

N. de Tratamiento	P ppm	CIC me/100grs	pH	CE mmhos/cm
1 Testigo	30	10.70	7.60	3,0
2	26	11.90	8.35	7.7
3	21	13.35	8.10	7.2
4	24	14.10	8.35	16.9
5	—	—	—	—
6	—	—	—	—
7	48	10.60	8.30	4.8
8	46	11.50	8.25	7.2
9	17	11.65	8.00	14.5
10	42	12.60	8.15	13.0
11	34	13.80	8.60	2.4
12	—	—	—	—
13	30	13.25	8.30	3.6
14	32	11.90	8.20	7.2
15	46	13.20	8.20	15.5
16	—	—	—	—
17	—	—	—	—
18	—	—	—	—
19	—	—	—	—
20	40	11.20	8.35	4.1
21	34	12.40	8.40	4.5
22	42	14.85	7.95	8.7
23	36	15.40	7.60	6.1
24	44	14.75	8.40	13.0
25	38	11.80	8.30	4.4
26	28	12.30	8.25	5.3
27	30	14.20	7.90	11.6
28	28	13.15	7.70	5.8
29	19	14.40	8.00	10.6
30	32	15.10	7.60	15.5



TABLA 8. RENDIMIENTO DEL ALGODONERO Y LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACION DEL SUELO, PARA LOS TRATAMIENTOS QUE SE MUESTRAN EN LA TABLA 2.

N. de Tratamiento	Rendimiento en Gr.	C.E. Mmhos/cm
1	3.16	3.0
2	0.65	7.7
3	2.10	7.2
4	1.45	16.9
5	—	—
6	—	—
7	3.20	4.8
8	2.87	7.2
9	1.41	14.5
10	1.92	13.0
11	0.60	2.4
12	—	—
13	2.94	3.6
14	3.77	7.2
15	0.87	15.5
16	—	—
17	—	—
18	—	—
19	—	—
20	3.28	4.1
21	2.65	4.5
22	2.10	8.7
23	1.51	6.1
24	0.65	13.0
25	2.91	4.4
26	3.98	5.3
27	2.27	11.6
28	3.52	5.8
29	1.04	10.6
30	1.66	15.5

TABLA 9. RELACION ENTRE IONES PARA LOS TRATAMIENTOS
QUE SE ENCUENTRAN EN LA TABLA 2 (ANALISIS
FOLIAR)).

N. de Tratamiento	N/K	N/P	K/Na.	K/Ca.	K/Mg.	Ca.+Mg/K
1	1.70	5.12	4.00	1.22	2.66	1.19
2	1.79	4.20	3.77	1.24	3.44	1.09
3	1.60	4.40	4.02	1.59	3.42	0.91
4	1.68	4.46	4.46	1.35	3.47	1.02
5	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—
7	2.07	4.55	2.91	1.06	2.67	1.33
8	1.66	5.83	4.66	1.20	3.15	1.15
9	1.65	5.63	3.68	1.46	3.39	0.97
10	1.50	6.35	3.78	1.33	3.69	1.02
11	1.66	6.38	5.52	1.53	4.31	0.88
12	—	—	—	—	—	—
13	1.45	5.00	4.87	1.37	3.59	1.00
14	1.54	4.60	3.91	1.65	3.51	0.89
15	1.57	5.20	3.38	1.21	3.66	1.09
16	—	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—
20	1.53	6.29	6.61	1.46	4.21	0.92
21	1.45	5.73	7.50	1.87	5.00	0.73
22	1.57	6.42	8.93	1.53	3.97	0.90
23	1.46	5.30	7.63	1.64	3.91	0.86
24	1.51	6.00	9.92	1.63	4.48	0.83
25	1.76	6.87	7.81	1.43	3.28	1.00
26	1.61	6.38	10.14	1.47	3.94	0.92
27	1.72	5.00	8.33	1.45	2.90	1.03
28	1.42	5.30	7.45	1.60	3.72	0.89
29	1.36	5.06	11.42	2.10	3.72	0.74
30	1.50	5.48	7.88	1.46	4.30	0.91
Promedios	1.59	5.45	6.19	1.47	3.66	0.96



TABLA 10. RELACION ENTRE IONES PARA EL TRATAMIENTO
 QUE MUESTRA LA TABLA 2 (ANALISIS DE SUELO).

N. Tratamiento	Ca/Mg	Ca/K	Ca.+Mg/K	K/Na
1	3.02	4.06	5.40	0.72
2	2.79	2.41	3.27	1.08
3	2.93	2.76	3.70	0.85
4	2.62	2.60	3.60	0.84
5	—	—	—	—
6	—	—	—	—
7	2.42	2.50	3.53	0.83
8	2.85	2.60	3.52	0.86
9	2.79	3.07	4.16	0.81
10	2.85	2.53	3.42	1.13
11	2.97	2.42	3.23	1.13
12	—	—	—	—
13	2.84	2.79	3.77	0.95
14	2.83	2.76	3.73	0.77
15	2.84	2.49	3.36	1.18
16	—	—	—	—
17	—	—	—	—
18	—	—	—	—
19	—	—	—	—
20	2.94	2.89	3.87	0.87
21	2.90	2.23	3.00	1.19
22	3.07	1.33	1.76	2.00
23	2.62	0.95	1.31	2.12
24	2.63	0.98	1.36	2.65
25	2.87	3.14	4.24	0.77
26	2.77	2.37	3.23	1.04
27	2.77	1.51	2.06	1.62
28	2.77	1.38	1.87	1.93
29	2.66	0.99	1.36	2.35
30	2.40	0.92	1.30	2.71
Promedio	2.78	2.24	3.04	1.32

TABLA 11. PORCENTAJE DE SATURACION DE K Y Na EN LAS
MUESTRAS DE SUELO POR TRATAMIENTO.

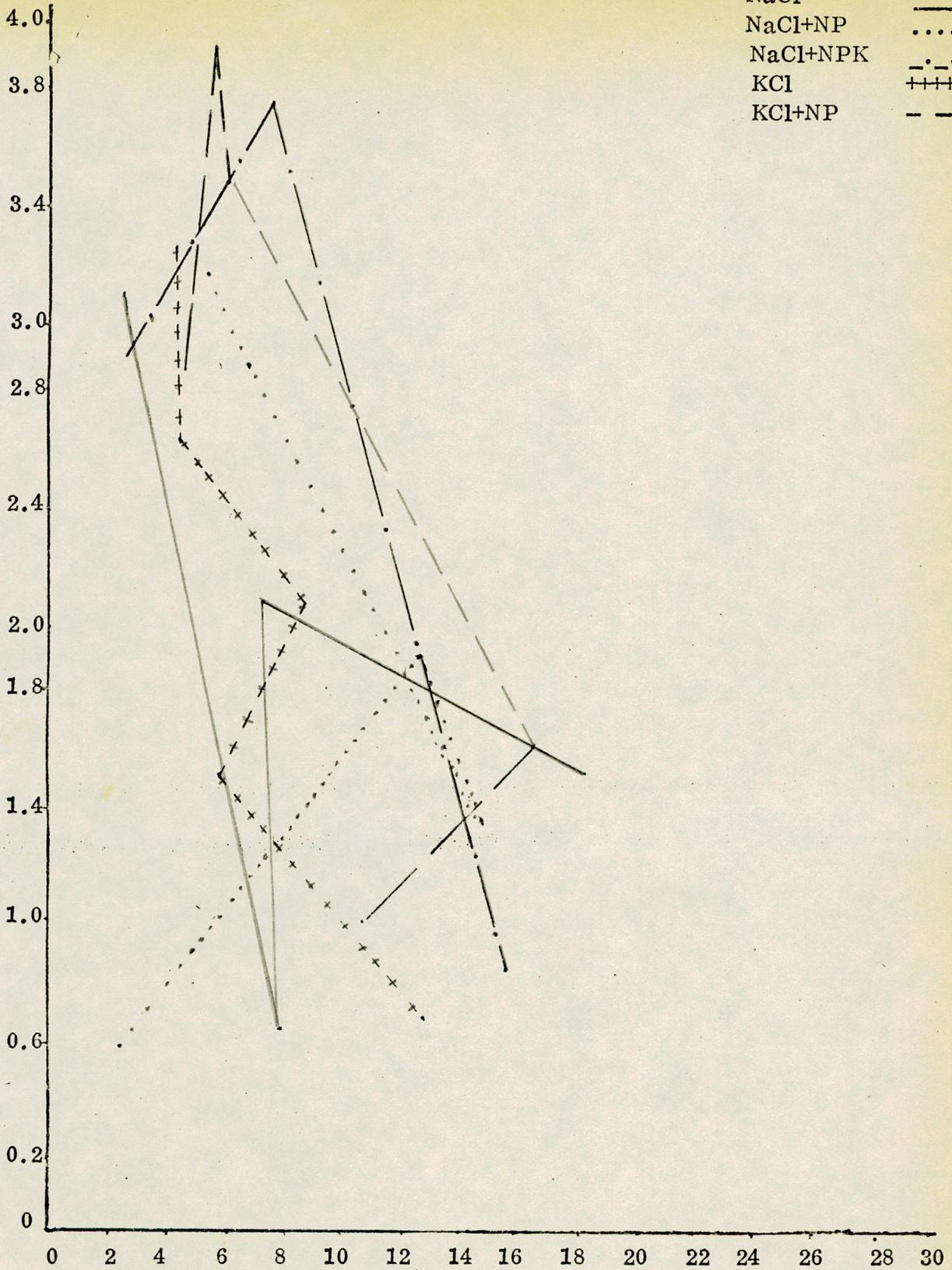
N. de Tratamiento	P.S.K.	P.S. Na.
1	14.95	20.56
2	20.92	19.32
3	18.35	21.57
4	16.17	19.07
5	—	—
6	—	—
7	19.90	23.96
8	20.26	23.39
9	18.28	22.40
10	21.34	18.88
11	20.28	17.82
12	—	—
13	18.33	19.24
14	18.82	24.36
15	20.75	17.57
16	—	—
17	—	—
18	—	—
19	—	—
20	19.64	22.50
21	25.48	21.37
22	33.87	16.90
23	40.64	19.15
24	43.45	16.33
25	16.69	21.44
26	20.97	20.16
27	29.22	17.95
28	34.06	17.56
29	41.73	17.70
30	43.11	15.89

TABLA 12. ANALISIS DE VARIANZA PRODUCCION EN BASE A
MATERIA SECA POR TRATAMIENTO.

F. de Variación	S.C.	G.L.	C.M.	F.C.	F. TABULADA	
					5%	1%
Trata	74,1641	23	3.224	3,37 ^{xx}	1.84	2.37
Block	2,2456	2	1,122			
Total	1203771	71	1,695			
Error	43,9674	46	0,955			

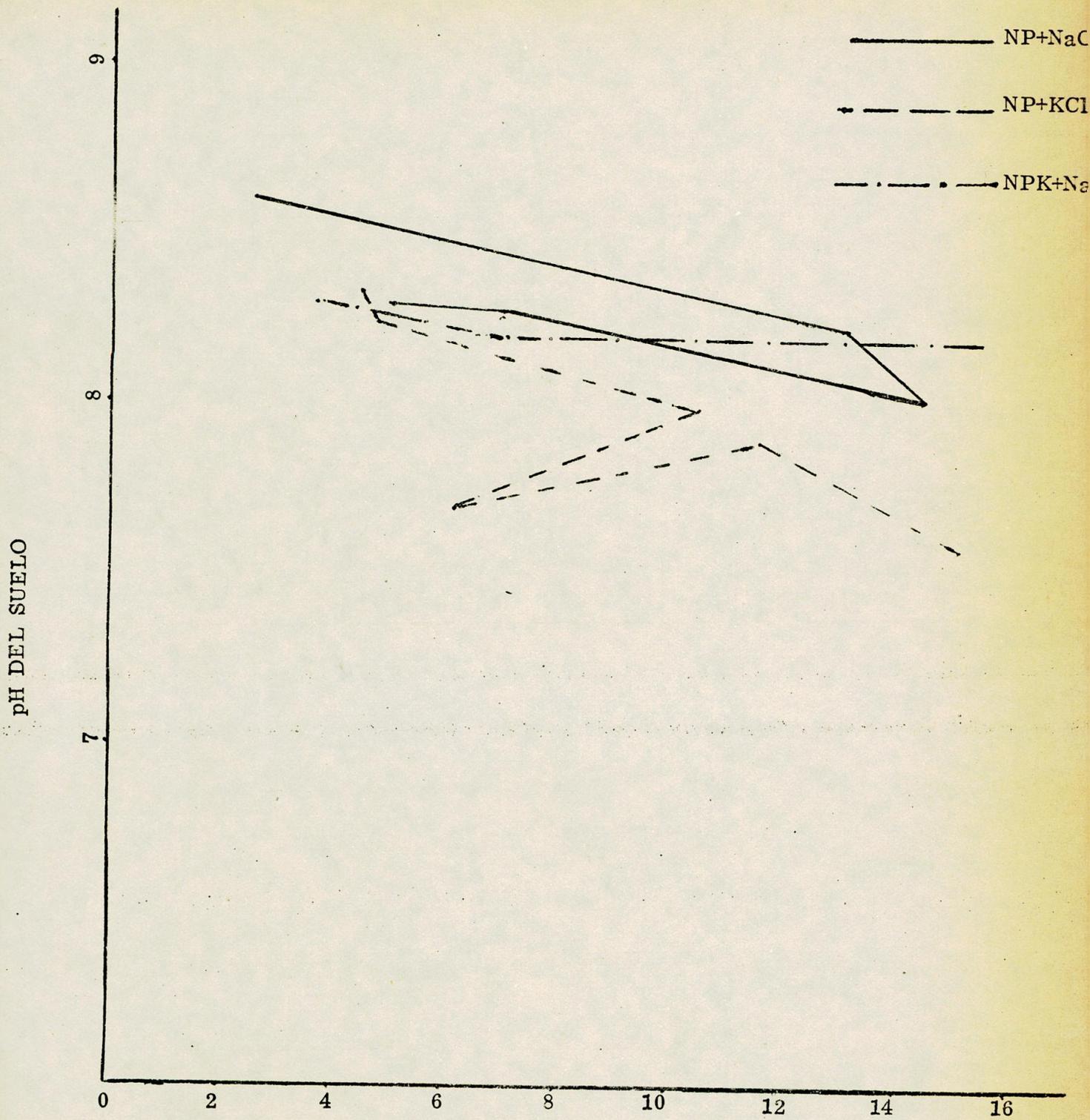
RENDIMIENTO DEL ALGODONERO EN GRAMOS

NaCl	—————
NaCl+NP
NaCl+NPK	-.-.-.-.-
KCl	+ + + + +
KCl+NP	- - - - -



C.E. (Milimohos) DEL EXTRACTO DE SATURACION DEL SUELO

FIGURA 1. RELACION ENTRE C.E. Y EL RENDIMIENTO DEL ALGODONERO.



C.E. (Milimhos) DEL EXTRACTO DE SATURACION DEL SUELO

FIGURA 2. RELACION ENTRE EL pH Y LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

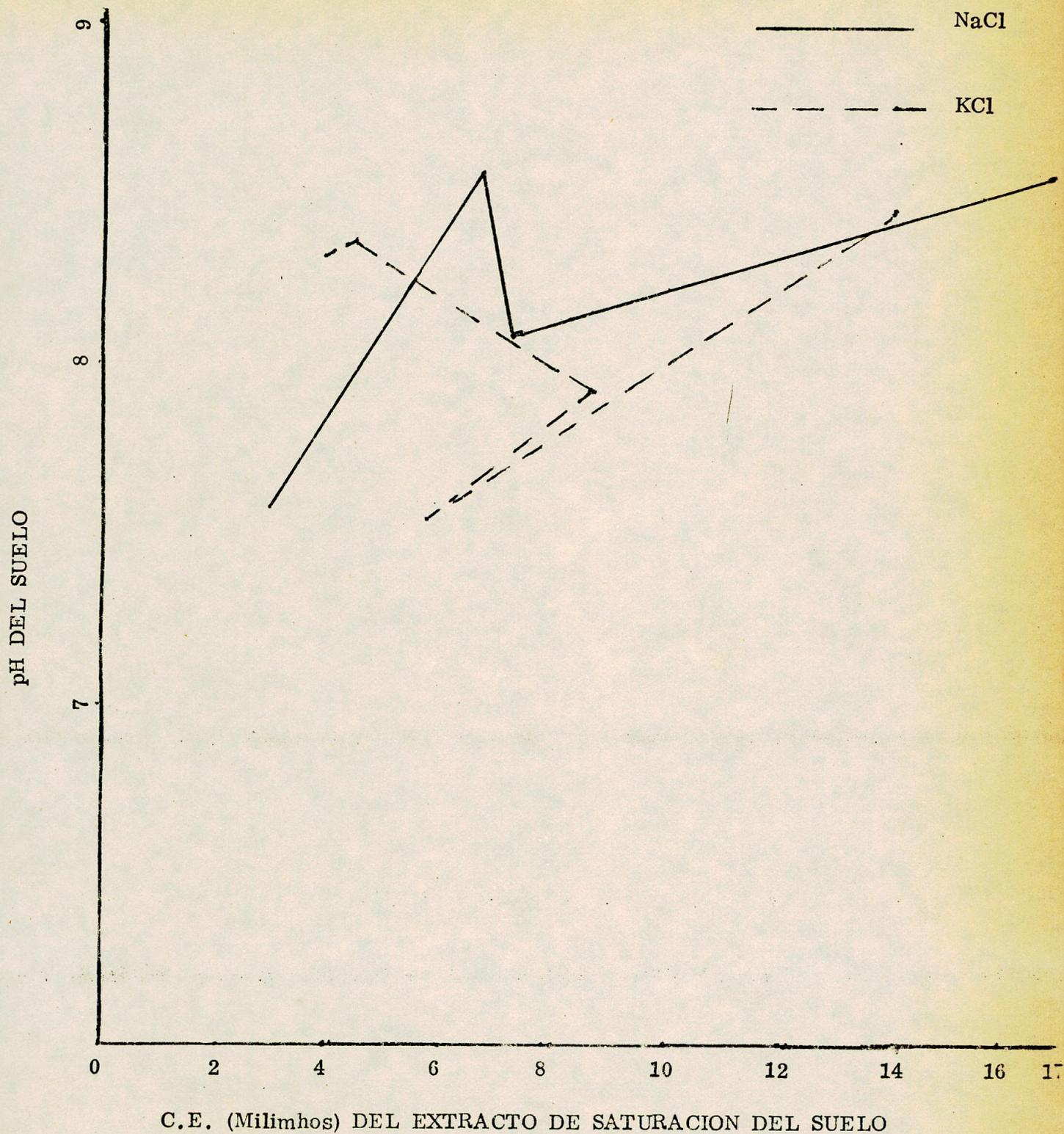


FIGURA 3. RELACION ENTRE EL pH Y LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.



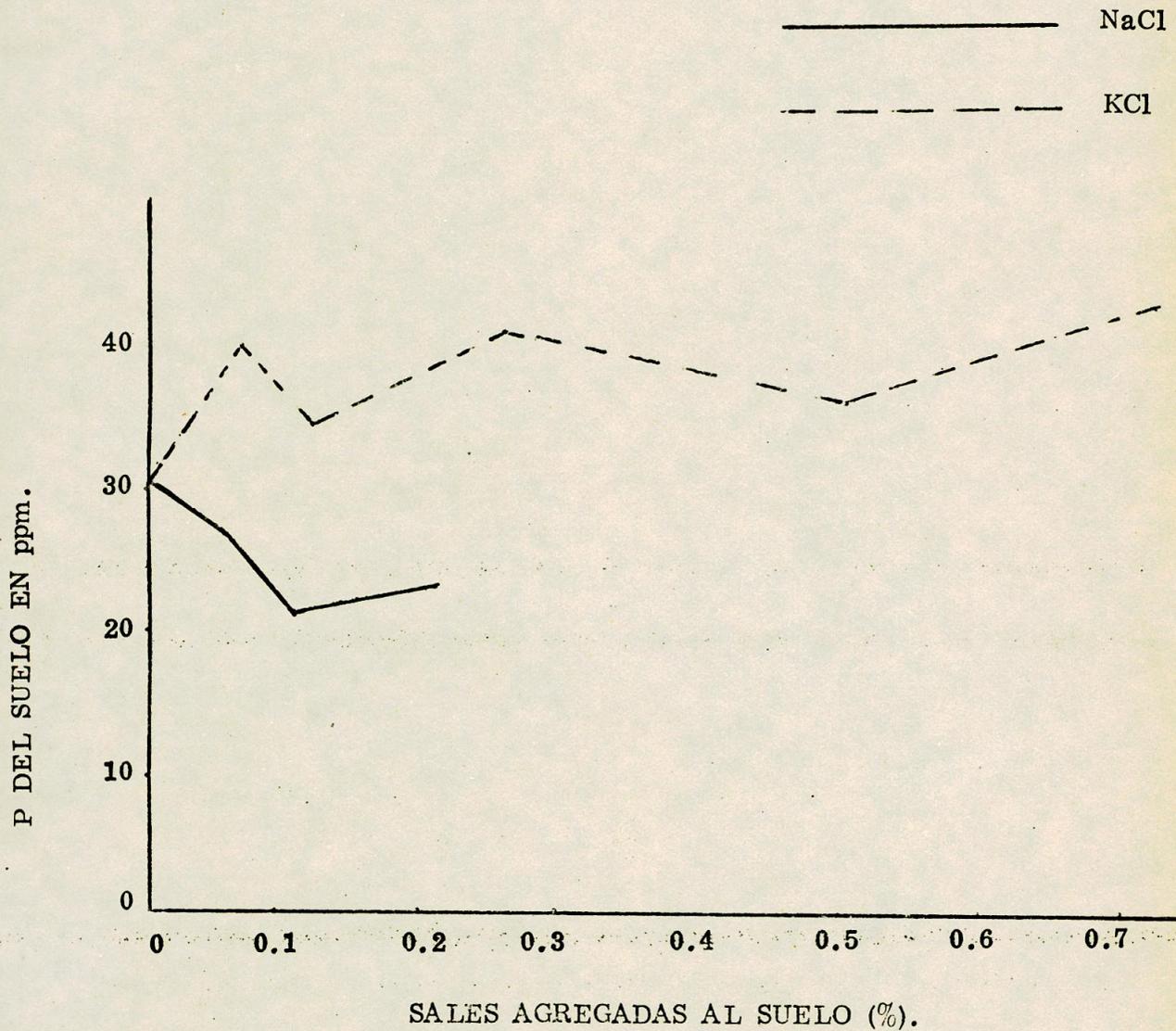


FIGURA 4. RELACION ENTRE EL (%) DE SALES AGREGADAS AL SUELO Y EL P (ppm). TRATAMIENTOS 1 AL 6 Y 19 AL 24.

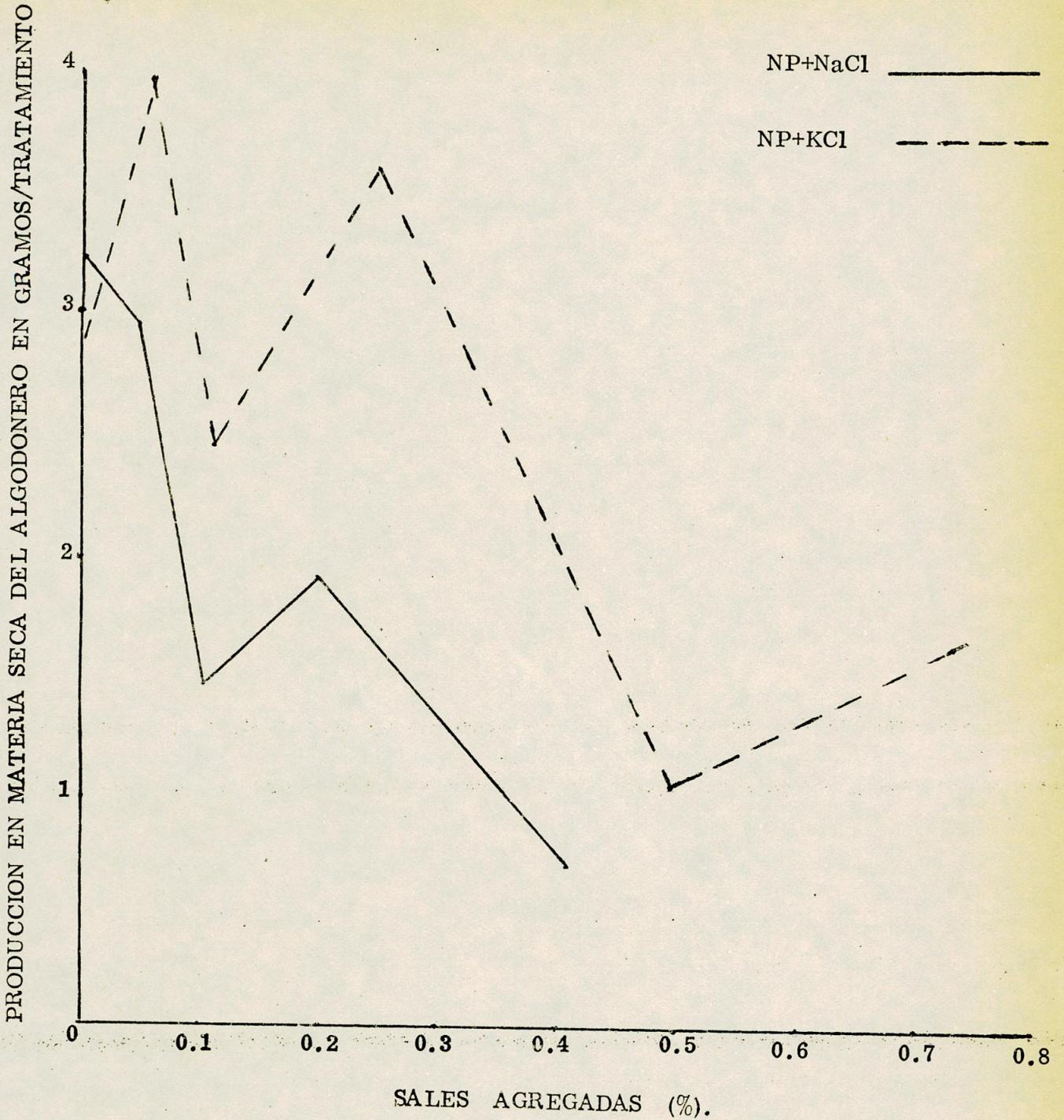


FIGURA 5. RELACION ENTRE EL (%) DE SALES AGREGADAS Y LA PRODUCCION DEL ALGODONERO EN GRAMOS/MACETA.

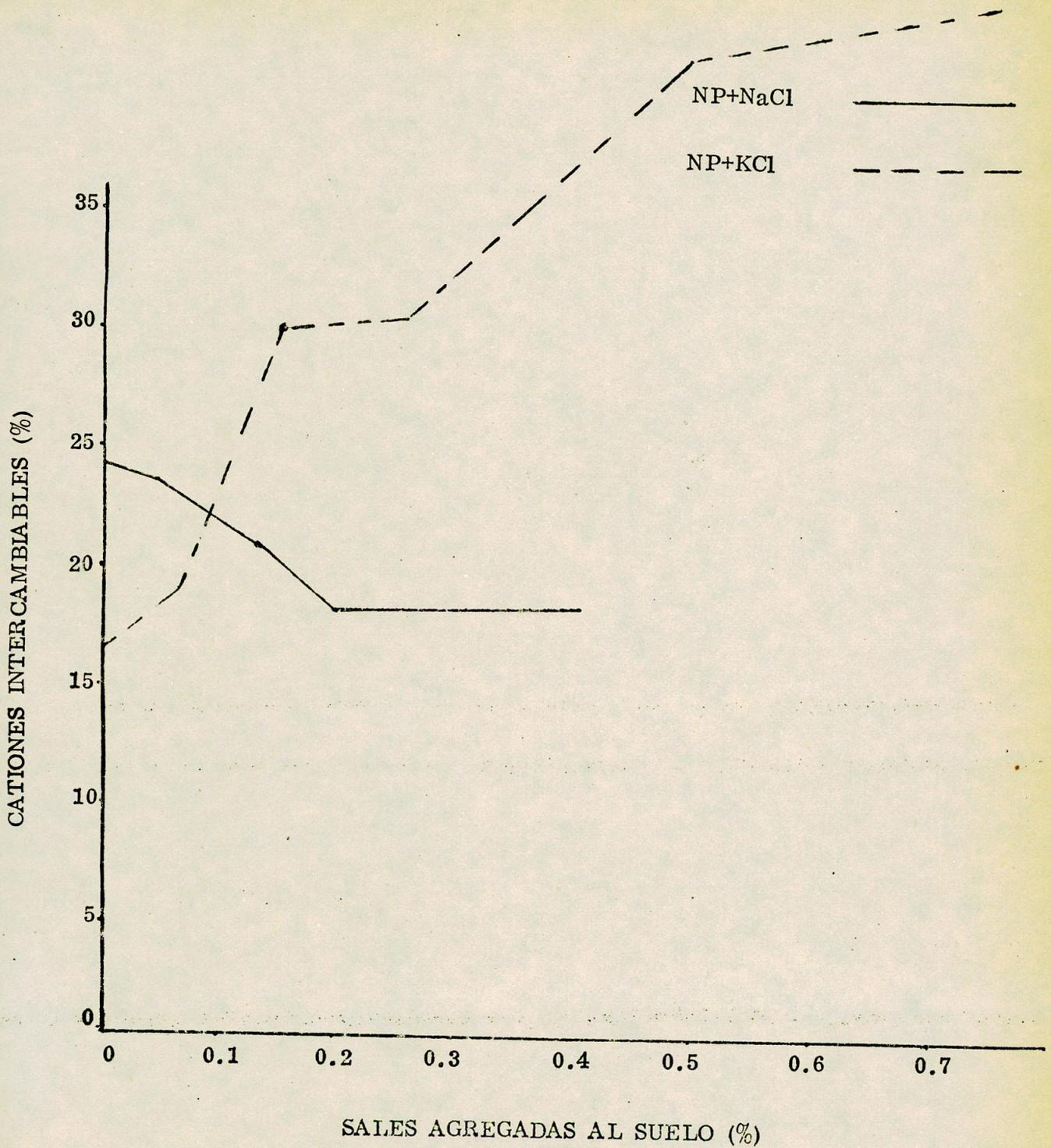


FIGURA 6. RELACION ENTRE (%) DE CATIONES INTERCAMBIABLES EN EL SUELO Y LAS SALES Y LOS FERTILIZANTES AGREGADOS AL SUELO.

7. RESUMEN

Se hizo la investigación por medio de un experimento de umbráculo usando suelo de la granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena franco arcillo arenoso, para determinar los efectos en el desarrollo y composición del algodón nero (Gossypium hirsutum L.) de las distintas combinaciones de sales y fertilizantes.

En casos de niveles bajos a moderados de salinidad, las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio, redujeron los efectos nocivos de la salinidad del suelo en los rendimientos.

En el caso de los altos niveles de salinidad, no se encontró ninguna mejora en el rendimiento. Los rendimientos fueron más afectados por el cloruro de sodio que por el cloruro de potasio, a igual concentración de sal en el suelo y en presencia de un fertilizante NP. El pH del suelo bajó tanto en la parte saturada como en la dilución 1:2,5 al aumentar la salinidad.

El contenido catiónico del algodónero (Gossypium hirsutum L.), varió directamente en la salinidad del suelo, bajó la asimilación del potasio por las plantas, pero al aumentar el potasio en el suelo, no tuvo ningún efecto consistente sobre la absorción de sodio. Cuando se aplicaron cantidades equivalentes de sodio y potasio, el complejo de intercambio catiónico absorbió más potasio.



SUMMARY

This research was done through an experiment in a green house, using a clay sandy loam soil from the Experiment station of the Universidad Tecnológica del Magdalena and was intended to determine the effects of the different salts and fertilizers on the growth and composition of cotton (Gossypium hirsutum L.)

In the events of low to moderate levels of salinity the applications of Nitrogen, Phosphorus and Potassium decreased the injurious effects of the salinity of soil upon yields.

In the case of the high levels, of salinity no improvement of yield was gotten. Yields were more affected by the sodium chloride than by the potassium chloride at the same salt concentration in soil and in the presence of a fertilizer N.P.

The pH of soil decreased both in the saturated part and in the dilution 1:2,5 when the salinity was increased.

The cationic content of cotton (Gossypium hirsutum L.) varied directly in the salinity of soil under the uptake of potassium by plants but when increasing the potassium content in soil, it did not have any consistent effect on the uptake of sodium. When equivalent amounts of sodium and potassium were applied, the cationic exchanging complex absorbed more potassium.

8. BIBLIOGRAFIA

1. CABRERA, A. Levantamiento detallado de los suelos de la Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena, para fines experimentales; Tesis. Santa Marta, Facultad de Ingeniería Agronómica. 1973. 40p.
2. CUELLO, R. Sistema de riego y drenaje para la Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena. Tesis. Santa Marta. Facultad de Ingeniería Agronómica. 1973. 57p.
3. COOKE, G. The control of fertility; London, Crosby Lockwood. 1967. 526p.
4. DREGNE, H. E. y HOJALLALI. Las interacciones entre los iones específicos de los fertilizantes y las sales del suelo. México. Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1975. 28p.
5. FASSBENDER, H. Influencia de enmiendas calcáreas y silicatadas sobre el efecto de fertilizantes fosfatados en suelos derivados de cenizas volcánicas de Costa Rica. In panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica. IICA/FAO. 1969. pp. C2.1 - C2.12.



6. FEDERACION NACIONAL DE ALGODONEROS. Bases Técnicas para el cultivo del algodón. Bogotá. 1978. 320p.
7. FRYE, A. La fertilización del algodón y su utilidad económica. El Algodonero. Bogotá, 10 (10) : 1-24, Agosto. 1978.
8. FRANKLIN, R, Efecto de las interacciones entre las raíces y la arcilla en la absorción de cationes en investigaciones realizadas con raíces extirpadas. Revista de la Potasa. Suiza 3 (4) : 1-10 1977.
9. GUERRERO, R. Los principios y la práctica de la recomendación de fertilizantes; conferencia. Bogotá. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia. 1976. 47p.
10. LABORATORIO DE SALINIDAD DE LOS ESTADOS UNIDOS. Suelos salinos y sódicos. Editorial Limusa, México. 1977. 172p.
11. NYE, P. El paso limitador de la tasa de absorción por la planta de elementos nutritivos a partir del suelo; Revista de la Potasa. Suiza, 27 (5) : 1-13, 1977.
12. "Química del suelo" Agricultura de las Américas. Kansas city 12 (5) : 1-58, May., 1965.

13. RAMIREZ, R. Estado nutricional del algodónero de los Estados de Guarico (1970) y Cojedes (1971); Agronomía Tropical. Maracay, 23 (1) : 71-83, Nov. 1972.
14. TINCKNELL, R. La posibilidad de diagnosticar deficiencias de nitrógeno y potasio en el cultivo del algodónero mediante el análisis foliar; Agricultura Tropical. Bogotá, 14 (10) : 1-24 Oct., 1970.
15. THANABADU, M. Deficiencia de magnesio en algodónero; Agri cultura Tropical. Bogotá, 11 (9) : 1-28, Sep. 1964.
16. VOISIN, A. Leyes científicas en la aplicación de los abonos; Editorial Tecnos, Madrid. 1970. 150p.
17. WOUTERS, J. Influencia de la transpiración sobre la composición catiónica de Zea Mays Bélgica. Revista de la Potasa. Suiza, 3 (4) : 1-10, 1974.
18. WOUTERS, J. Influencia de la transpiración y de la riqueza en Sodio del medio ambiente nutritivo sobre la composición catiónica del Maíz y de Cebada. Bélgica. Revista de la Potasa. Suiza, 3 (4) : 1-10, 1974.