

7.931

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

341

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO

programa de estudios para  
graduados en ciencias agrarias

TESIS DE GRADO  
MAGISTER SCIENTIAE

Nº \_\_\_\_\_

740

BIOTECNA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

RESPUESTA DE ALGUNAS VARIEDADES DE TABACO (NICOTIANA TABACUM L.)  
A NIVELES DE ENCALADO EN UN SUELO DE LOS LLANOS ORIENTALES.

T E S I S

PRESENTADA AL PROGRAMA DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS. UNIVERSIDAD NACIONAL  
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO

P O R:

||  
LUIS ANTONIO MEJIA FLOREZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE

BOGOTA - COLOMBIA

1975

1

TESIS APROBADA POR COMITE CONSEJERO

Dr. RODRIGO LORA SILVA

R. Lora Silva

Dr. HUGO MANZANO

H. Manzano

Dr. JOSE ELIECER GOMEZ

J. E. Gómez

"El Presidente de Tesis y el Consejo Examinador de Grado no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato". (Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional)

DEDICO

A mis padres . .

A mi esposa

A mi hija

## MICROBIOGRAFIA

LUIS ANTONIO MEJIA FLOREZ. Nació en San Andrés (Santander) el 26 de enero de 1942. Terminó sus estudios de Bachillerato en el Colegio Universitario de Málaga (Santander). Obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en 1966 en la Universidad Tecnológica de Colombia con sede en Tunja.

En 1967 se vinculó como Auxiliar de Investigación al Instituto Nacional de Fomento Tabacalero con sede en la Granja Experimental El Arsenal en Enciso (Santander), institución a la cual prestó sus servicios hasta 1968.

En 1969 ingresó como Asociado al Programa de Tabaco con sede en la Granja Experimental Llano Grande en Girón (Santander), de donde fue trasladado en octubre de 1973 al C.N.I.A. Tibaitatá para realizar estudios de especialización en Suelos y Fisiología Vegetal en el Programa de Estudios para Graduados U.N. ICA - Colombia, los cuales terminó en marzo de 1975.

## AGRADECIMIENTOS

El autor del presente trabajo expresa los más sinceros agradecimientos a los Miembros del Comité Consejero, a los Programas de Suelos y Fisiología Vegetal con sede en el C.N.I.A. Tibaitatá, a la División de Métodos Estadísticos y Sistemas del I.C.A. y a todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

## C O N T E N I D O

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. CLASIFICACION BOTANICA	3
2.2. ECOLOGIA DEL CULTIVO	3
2.2.1. Factores Climáticos	3
2.2.2. Requerimientos del Suelo	3
2.3. EXTRACCION DE NUTRIMENTOS	3
2.4. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS ACIDOS	4
2.4.1. Capacidad de Intercambio Catiónico	5
2.4.2. Acidez y Porcentaje de Saturación de Bases	5
2.5. IMPORTANCIA DEL ALUMINIO EN SUELOS ACIDOS	5
2.6. DISPONIBILIDAD DE NUTRIMENTOS EN SUELOS ACIDOS ✓	6
2.7. EFECTOS FISIOLOGICOS DEL ALUMINIO SOBRE EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS	7
2.8. ABSORCION, CONCENTRACION IONICA Y RELACION CON LA TOLERANCIA A LA ACIDEZ DEL SUELO	8
2.9. OTROS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA TOLERANCIA A LA ACIDEZ DEL SUELO	12

	Página
2.10. NEUTRALIZACION DE LA ACIDEZ DEL SUELO	13
2.10.1. Productos de Neutralización	14
2.11. EFECTOS DEL ENCALADO SOBRE LA SOLUBILIDAD DE MICRO Y MACRONUTRIMENTOS	15
2.12. TOLERANCIA DE ALGUNAS ESPECIES Y VARIEDA- DES A LA ACIDEZ DEL SUELO	17
3. MATERIALES Y METODOS	20
3.1. TRABAJO DE INVERNADERO	20
3.2. PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO	22
3.2.1. Análisis de Suelo	22
3.2.2. Análisis de Tejido	22
3.3. PROCEDIMIENTO ESTADISTICO	23
4. RESULTADOS Y DISCUSION	24
4.1. ANALISIS DE SUELOS	24
4.1.1. Neutralización del Aluminio Extraído con KCl 1N	24
4.1.2. Propiedades Físico Químicas del Suelo	24
4.1.3. Contenido de Nutrimientos en el Suelo Después de la Cosecha	25
4.2. ANALISIS DE TEJIDO	27
4.2.1. Producción de Materia Seca	27
4.2.2. Concentración de Fósforo en Tejido Aéreo y Raíces	31

	Página
4.2.3. Concentración de Calcio y Magnesio en Tejido Aéreo y Raíces	33
4.2.4. Concentración de Potasio en Tejido Aéreo y Raíces	37
4.2.5. Contenido de Zinc en Tejido Aéreo y Raíces	39
4.2.6. Contenido de Cobre en tejido Aéreo y Raíces	39
4.2.7. Contenido de Manganeso en Tejido Aéreo y Raíces	42
4.2.8. Contenido de Hierro en Tejido Aéreo y Raíces	44
4.2.9. Contenido de Aluminio en Tejido Aéreo y Raíces	44
4.2.10. Influencia del pH; Aluminio extraído con KCl 1N y Aluminio Extraído con Mg Cl 0,5 N	47
4.3. EXTRACCION DE NUTRIMENTOS POR ALGUNAS VARIETADES DE TABACO	47
4.3.1. Extracción de Fósforo	47
4.3.2. Extracción de Calcio	50
4.3.3. Extracción de Magnesio	50
4.3.4. Extracción de Potasio	51
4.3.5. Extracción de Zinc	52
4.3.6. Extracción de Aluminio	53

	Página
5. CONCLUSIONES	55
6. RESUMEN	57
SUMMARY	60
BIBLIOGRAFIA	

## LISTA DE TABLAS

Número		Página
1	Procedencia, Origen y Variedades empleadas en el experimento.	20
2	Toneladas de $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ (3:1), porcentaje de aluminio neutralizado, pH y aluminio presente en el suelo después de la incubación, en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales	24
3	Contenido de nutrimentos después de la cosecha. Promedio de 16 observaciones.	26
4	Producción de materia seca en g/pote de tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferente nivel de encalado, en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones	29
5	Porcentaje de fósforo en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferente nivel de encalado, en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones	32

Número		Página
6	Porcentaje de Calcio en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco, a diferente nivel de encalado en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones.	34
7	Porcentaje de Magnesio en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferente nivel de encalado, en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones	35
8	Porcentaje de Potasio en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferente nivel de encalado, en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones	38
9	Contenido de Zinc en ppm en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferentes niveles de encalado, en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones.	40

Número		Página
10	Contenido de Cobre en ppm en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferentes niveles de encalado, en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones.	41
11	Contenido de Manganeso en ppm en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco en diferentes niveles de encalado, en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones	43
12	Contenido de Hierro en ppm en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco en diferentes niveles de encalado en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones.	45
13	Contenido de Aluminio en ppm en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferentes niveles de encalado en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales. Promedio de tres observaciones	46
14	Producción de algunas variedades en g/pote de tejido aéreo, pH y Aluminio extraído con KCl 1N. Promedio de tres observaciones	48

Número		Página
15	Extracción de Fósforo en miligramos por seis variedades de tabaco con aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha	49
16	Extracción de Calcio en miligramos por seis variedades de tabaco con aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha	50
17	Extracción de Magnesio en miligramos por seis variedades de tabaco en aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha	51
18	Extracción de Potasio en miligramos por seis variedades de tabaco con aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha.	52
19	Contenido de zinc en miligramos, extraídos por seis variedades de tabaco con aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha.	53
20	Contenido de Aluminio en miligramos en seis variedades de tabaco con aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha	54

## LISTA DE GRAFICAS

Número		Página
1	Influencia del encalado sobre la producción de materia seca de tejido aéreo de cuatro variedades de tabaco	30

## 1. INTRODUCCION

El cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), de las variedades, Speight, Mc Nair, North Carolina y otras de tipo Virginia se cultivan en el sur del Cesar, Magdalena, Guajira y ultimamente en los Llanos Orientales.

La producción de tabaco tipo rubio no alcanza a abastecer las necesidades nacionales, siendo necesario hacer importaciones para cubrir el déficit dejado por la fabricación de cigarrillos tipo americano.

Actualmente Tabacos Rubios de Colombia S.A. e Instituto Colombiano Agropecuario, adelantan estudios de explotación de tabaco rubio en los Llanos Orientales. Sinembargo, el alto contenido de aluminio intercambiable y la baja fertilidad de estos suelos, puede ser un factor que limite la explotación, aunque las características físicas y condiciones de topografía y ambientales, hacen que estas zonas sean posiblemente promisorias para el cultivo de tabaco tipo rubio.

Los bajos rendimientos de tabaco en suelos de los Llanos Orientales, ha sido asociado con altos contenidos de aluminio y manganeso, lo cual se relaciona con deficiencias de fósforo, calcio y magnesio.

La falta de yacimientos de caliza en lugares cercanos a los Llanos Orientales, el costo de transporte y la aplicación, hace que el precio de la cal puesta en el cultivo para neutralizar la acidez y llevar el pH a un valor que permita obtener buenos rendimientos, resulte muy costoso. Sinembargo, los yacimientos de caliza de Cubarral por su localización, disminuye en parte los costos de transporte, haciendo

mas racional el uso de caliza en suelos de los Llanos Orientales.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente y la evidencia que las plantas difieren en su tolerancia a la acidez del suelo, es necesario desarrollar estudios relacionados con tolerancia diferencial de variedades de tabaco tipo rubio a la acidez del suelo, cuyo uso sería uno de los medios para solucionar la problemática planteada por suelos ácidos de los Llanos Orientales.

Los objetivos del presente trabajo, son:

1. Determinar bajo condiciones de invernadero el comportamiento a la acidez de 16 variedades de tabaco en un suelo de los Llanos Orientales.
2. Medir la influencia de diferentes niveles de encalado sobre la absorción de nutrimentos por 16 variedades de tabaco bajo condiciones de invernadero.
3. Determinar el grado de asociación de la absorción de los diferentes nutrimentos con la tolerancia a la acidez del suelo por las variedades de tabaco.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. CLASIFICACION BOTANICA.

De acuerdo a Pérez Arbeláez (1956), el tabaco pertenece al gran grupo de las Fanerógamas, grupo de las Angiospermas, clase Dicotiledóneas, subclase Metaclamideas, orden Tubifloras, familia Solanáceas, género Nicotiana y especie tabacum, al cual pertenecen la mayoría de las especies cultivadas.

### 2.2. ECOLOGIA DEL CULTIVO.

#### 2.2.1. Factores Climáticos.

El cultivo del tabaco se desarrolla bien y se obtiene de buena calidad en zonas comprendidas entre el nivel del mar y 1.600 m.s.n.m., con temperatura superior a 20°C.

La precipitación apropiada es de aproximadamente 1.600 mm, de los cuales el 60% se ha distribuido en los primeros 60 días, o sea cuando el cultivo se ha empezado a recolectar. Durante esta época una humedad relativa del 80% es la más apropiada. (Instituto Nacional de Fomento Tabacalero, 1968)

#### 2.2.2. Requerimientos de Suelo.

Los suelos aptos para el cultivo de tabaco son los francos o francos arenosos con bajo contenido de materia orgánica y cantidades medias de fósforo y potasio (Akehurth, 1963)

### 2.3. EXTRACCION DE NUTRIMENTOS.

Una cosecha de 1.526 kilos/Ha. de tabaco tipo Virginia, extrae

del suelo 30 kilos de N, 10 kilos de  $P_2 O_5$ , 54 kilos de  $K_2O$ , 43 kilos de CaO y 11 kilos de MgO (Akehurt, 1963).

Peterson y colaboradores (1969), encontraron que el tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), variedad Havana 501 cuando ha sido cosechada, tiene la siguiente composición de nutrimentos: N, 3.7%, P, 0.17%, K, 3.0%, calcio 3.1% y Mg, 1.4%; y las siguientes cantidades de micronutrientes expresadas en ppm, Zn 58, Cu 14, Mn 200, Fe 443 y Al 664.

#### 2.4. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS ACIDOS.

Los suelos ácidos se caracterizan por tener un grado muy avanzado de meteorización, el cual está relacionado con el contenido de hierro, aluminio y magnesio que controlan la acidez del suelo y afectan el crecimiento de las plantas por la influencia en la eficacia de ciertos elementos necesarios para el desarrollo, (Spain, 1971). En estudios realizados por Leof, (1964), en suelos de los Llanos Orientales, concluyó que el contenido de nutrientes era muy bajo. El estudio mineralógico de la Fracción menor de 2 micras de diámetro, mostró que estaban compuestas aproximadamente de 50-60% de caolinita, 30% de vermiculita clorita y 10% de óxidos de hierro.

En trabajos desarrollados por Guerrero (1972), en suelos de los Llanos Orientales encontró, que el aluminio e hidrógeno intercambiables eran los principales constituyentes de la acidez. Los mismos resultados fueron obtenidos por Jackson (1963) y Coleman y colaboradores (1959), en investigaciones realizadas en suelos ácidos. En este mismo estudio la clasificación de un perfil de Carimagua, corresponde a caolinitico Iso-Hypertermico, Typic-Haplustox.

#### 2.4.1. Capacidad de Intercambio Catiónico.

En base a estudios relacionados con suelos ácidos, la capacidad de intercambio catiónico dependiente del pH se relaciona con la cantidad de materia orgánica y contenido de arcilla. El valor de la capacidad de intercambio catiónico fue de 12-15 m.e/100 g. medida por extracción de cationes a pH 8. Pratt y Bair (1962); Helling y colaboradores (1964), dedujeron que existe una relación entre el pH y la capacidad de intercambio catiónico, la cual aumenta cuando aumenta el pH de la solución del suelo.

#### 2.4.2. Acidez y Porcentaje de Saturación de Bases.

La determinación del porcentaje de saturación de bases en suelos ácidos indica que el pH bajo (menor de 5), disminuye considerablemente, ya que las cargas negativas de los sitios de intercambio están saturados en su mayor parte por  $H^+$  y aluminio en forma trivalente o en polímeros de aluminio. El hierro también puede existir en forma intercambiable, en forma de  $Fe^{++}$  y  $Fe(OH)^{+2}$  y aún en otras formas (Thompson, 1962)

#### 2.5. IMPORTANCIA DEL ALUMINIO EN SUELOS ACIDOS.

La importancia del aluminio en suelos ácidos ha sido demostrada en numerosos trabajos, en los cuales se concluye que el aluminio es la principal porción de la acidez intercambiable en dichos suelos (Harward y Coleman, 1954; Low, 1955; Chernow, 1964)

Posteriormente fue demostrado que el aluminio que se intercambiaba por una sal neutra era trivalente, Lin y Coleman, (1960) y que los

iones hidroxí-aluminio no eran intercambiables por sales neutras no amortiguadas (Rich, 1960)

El aluminio monomérico desplazado por cationes se hidroliza en la solución y posiblemente los productos de hidrólisis, son reabsorbidos aumentando más la hidrólisis, (Ragland y Coleman, 1960; Jackson, 1963)

De acuerdo a Schofield y Taylor (1954), la primera hidrólisis de aluminio produce hidroxí-aluminio bivalente e iones hidrónicos que son responsables de disminución del pH.

Cuando la cantidad de iones hidróxilos aumenta con relación al aluminio presente, se forman grandes iones hidroxí-aluminio pobremente definidos, (Brosset y colaboradores, 1954). Sin embargo, Hsu, (1964) ha propuesto la formación de un producto de hidrólisis definitiva  $Al_6(OH)_{12}^{+6} - 12 H_2O$ , producto este que se forma cuando se agrega base a una solución de una sal de aluminio.

## 2.6. DISPONIBILIDAD DE NUTRIMENTOS EN SUELOS ACIDOS.

El hierro y el aluminio se encuentran en solución cuando el valor del pH es muy bajo y a este valor la solubilidad del fósforo se reduce tanto, que puede ser precipitado por cualquiera de estos elementos.

El hierro, manganeso, cobre y zinc son cationes solubles si el suelo es ligeramente ácido, presentando problemas de toxicidad por parte del manganeso.

Con respecto al calcio y magnesio, puede decirse que son más asimilables a valor de pH más elevado, excepto cuando el suelo es más alcalino. Una de las causas de la acidez del suelo es la lixiviación de bases, en particular calcio y magnesio. Lógicamente al aumentar el pH del suelo, aumenta la cantidad de calcio y magnesio asimilables, ya que un aumento en estos elementos supone un aumento en el pH, (Thompson, 1962). Foy (1964) presenta la evidencia que la deficiencia de calcio fue parcialmente responsable del pobre crecimiento de la alfalfa en un suelo ácido de los Estados Unidos.

## 2.7. EFECTOS FISIOLÓGICOS DEL ALUMINIO SOBRE EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS.

El principal efecto visible de la influencia del aluminio sobre el desarrollo de las plantas, es la reducción en el crecimiento, particularmente sobre el desarrollo de la raíz, antes que se observen daños en la parte foliar, (Clarckson, 1965). El daño principal se ocasiona por la inhibición del crecimiento de las raíces secundarias. En caso de haber proliferación de nuevas raíces secundarias, su crecimiento es muy pobre, tal como fue observado por Botner (1935). Estos daños resultan por interferencia del aluminio en la acumulación de varios nutrientes y la restricción del sistema radicular que solo permite explorar una pequeña porción de volumen de suelo. Estudios histológicos permiten poner de manifiesto que el aluminio se acumula en la epidermis y en el tejido cortical de las raíces, con muy poco aumento en la Endodermis, afectando la división celular en el meristemo e impidiendo su crecimiento (Rees y Sidrak, 1961)

Cuando las raíces de algodón, frijol y alfalfa crecen en soluciones nutritivas con alto contenido de aluminio , ( $1.85 \times 10^{-3}M$ ) las células presentan dos núcleos en la región meristématica de la raíz, lo cual indica una inhibición de la división celular (Ríos y Pearson, 1964)

También encontraron que en presencia de aluminio el DNA formado, tiene una composición de bases diferentes a las células normales, siendo por tanto metabólicamente inestable.

Clarckson (1966) dedujo, que el tratamiento con aluminio a las raíces, disminuía la incorporación de fósforo inorgánico al RNA, este efecto es posiblemente la causa de la alta solubilidad de los nucleótidos.

## 2.8. ABSORCION, CONCENTRACION IONICA Y RELACION CON LA TOLERANCIA A LA ACIDEZ DEL SUELO.

El exceso de aluminio en soluciones nutritivas causa disminución en la absorción de fósforo, calcio, potasio, magnesio, produciendo un decrecimiento general en la permeabilidad del protoplasma de las células de la raíz. (Foy y Brown 1963)

El principal efecto de la toxicidad del aluminio en plantas es el disturbio en la asimilación del fósforo tal como fue encontrado por Foy y Brown, (1964)

La precipitación de fosfato de aluminio ocurre tanto en la pared celular, como en la superficie de la epidermis, pero las reacciones de precipitación son confinadas ampliamente a la pared celular (Wright y Donahue, 1953; Clarckson, 1966)

Sin embargo, estos investigadores encontraron que la relación Al/PO<sub>4</sub> era de 3.4:1, lo cual no corresponde a las formas de fosfatos conocidas y por tanto se sugiere que hay más aluminio en forma no asociado con fósforo. Las observaciones realizadas por estos investigadores pone de manifiesto que el aluminio y el fósforo son concentrados en las raíces impidiendo la traslocación de fósforo especialmente a la parte aérea de las plantas. Randall y Vose (1963) observaron que la traslocación de fósforo en pastos raygrass a la parte aérea, no es afectada por el tratamiento con aluminio.

Humphries y Truman (1964), observaron que el contenido de fósforo en la parte aérea de pino monterrey no es afectado por el contenido de aluminio y que al contrario, este elemento puede estimular la traslocación de fósforo.

En té, un notable aumento en la concentración de fósforo en la parte aérea, generalmente se observa cuando hay acumulación de aluminio causa poco o ningún efecto en la toma o traslocación de fósforo a la parte aérea (Chenery, 1955)

Los trabajos relacionados con la absorción y traslocación de fósforo en presencia de altas concentraciones de aluminio, sugieren que la tolerancia de algunas plantas y variedades pueden estar relacionadas con la habilidad para extraer y utilizar el fósforo bajo estas condiciones (Foy y colaboradores, 1967a)

De estudios relacionados con la absorción de calcio en presencia de altas concentraciones de aluminio, se puede deducir que existe diferencia en la habilidad para tomar calcio y magnesio cuando las

plantas crecen en medio deficiente de estos elementos. A algunas especies nativas que requieren alta cantidad de calcio, el normal desarrollo fue resultado de una gran habilidad para extraer calcio en un medio bajo en este elemento (Walker y colaboradores, 1965)

Dos líneas de *Festuca ovina* L. que han sido desarrolladas en diferentes medios en relación con el suministro de calcio, difieren ampliamente en la producción de materia seca cuando se ponen en soluciones nutritivas con bajo contenido de calcio.

Cuando ambas líneas se hacen crecer en un medio con suministro adecuado de calcio, no hay diferencia significativa en la producción de materia seca. (Snaydon y Bradshaw, 1961)

También se ha sugerido que la habilidad para extraer magnesio por variedades de apio cuando se desarrollan en suelos ácidos con bajo contenido de este elemento, puede ser un indicativo para medir la tolerancia a la acidez del suelo. (Pope y Munger, 1953)

La toma de manganeso por raíces de trigo en soluciones ácidas, fue reducida por la adición de pequeñas cantidades de aluminio. Aumentos de aluminio en cantidades tóxicas, reducen el contenido de manganeso en hojas maduras de lechuga, mas no en hojas jóvenes (Harward y colaboradores, 1955)

En tabaco tipo Burley, Hiatt y Ragland (1963), notaron una disminución en el contenido de Mn en las hojas cuando el aluminio estaba presente, pero el Mn tiene poca influencia en el contenido de aluminio. Muchas observaciones en relación con la influencia del aluminio sobre

el contenido de manganeso en cultivo de espinada y cebada, en los cuales se puede inducir diferencias de Mn con aumento en el contenido de aluminio (Rees y Sidrak, 1961)

Cuando el Mn está en forma disponible para ser absorbido por la planta, puede inducir deficiencia de hierro. Sin embargo, el contenido total de hierro en el tejido no es afectado apreciablemente (Hiatt y Ragland, 1963; Kirsck y colaboradores, 1960)

Hiatt y Ragland (1963), encontraron que a bajos niveles de adición de hierro disminuye el contenido de manganeso en las raíces, más no en la parte aérea de las plantas de tabaco, pero futuras aplicaciones de hierro, disminuye el contenido de Mn en la parte foliar más que en las raíces. Ellos concluyen que este contraste en el contenido de Mn puede ser debido al movimiento diferencial dentro de las hojas a diferente edad.

La acumulación y distribución de otros nutrimentos minerales puede ser a menudo ampliamente afectados por la presencia de aluminio. Millikan, (1949), sugiere que el aluminio ejerce un efecto destoxificante cuando el zinc es absorbido por cantidades que pueden ser tóxicas.

Liebing y colaboradores (1942), observaron que los daños causados por exceso de cobre podrían ser contrarrestados por el aluminio, aún cuando el contenido de cobre en el tejido no fue apreciablemente alterado.

Cuando sales de cobre y aluminio fueron puestas en solución, la

concentración de cobre en la parte aérea fue incrementada por concentraciones de aluminio cercanas a 0.1 ppm. A altas concentraciones de aluminio la cantidad de cobre disminuyó en la parte aérea, (Hiatt y colaboradores, 1963). Estos investigadores también encontraron que cuando se suministraba  $\text{CaSO}_4$  en concentraciones de  $10^{-4}\text{M}$  se eliminaba el transporte de cobre. Cuando la concentración de aluminio fue baja, se obtuvo un incremento de cobre en la parte aérea, lo cual sugiere la influencia de este elemento en la distribución del cobre.

El contenido de potasio tanto en hojas jóvenes como en tejidos viejos de lechuga, fue ampliamente disminuido por contenidos tóxicos de aluminio en soluciones nutritivas, (Harward y colaboradores, 1955), pero muy poco efecto del aluminio sobre el contenido de potasio fue observado en espinaca y cebada, cultivos que son conocidos como resistentes a la acidez del suelo. Esto sugiere, que la absorción de potasio en presencia de altas concentraciones de aluminio, puede ser un estimativo de tolerancia a la acidez del suelo (Rees y Sidrak, 1961)

## 2.9. OTROS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA TOLERANCIA A LA ACIDEZ DEL SUELO.

En estudios realizados por Foy y Colaboradores (1965b), relacionados con la tolerancia diferencial a la acidez del suelo en variedades de cebada, concluyen que la producción vegetativa puede ser un índice adecuado para establecer la posible resistencia a la acidez del suelo.

En variedades de cebada resistentes a la acidez del suelo, se encontró en las raíces gran cantidad de un precipitado amorfo de  $(\text{Al}(\text{OH})_3)_n$ , el cual se forma por la hidrólisis del aluminio por

iones hidróxilos en las superficie de las raíces (Clarckson, 1967)

Se ha sugerido que una baja capacidad de intercambio catiónico en las raíces, puede ser asociada con la tolerancia al aluminio y manganeso en algunas variedades de *Lolium perenne* (Vose y Randall, 1962)

Foy y colaboradores (1965a), mostraron que una variedad de trigo (Atlas 66) resistente a altas concentraciones de aluminio, incrementó el pH del suelo y soluciones nutritivas en la cual crecían, haciendo menos ácido el suelo y causando remoción del aluminio de la solución por precipitación. Variedades no resistentes, (Monon) tienen la tendencia de hacer más ácido el medio de crecimiento.

Los cambios en pH dentro del rango 4.0 - 4.5 pueden producir grandes y significativos cambios en la solubilidad del aluminio en el agua. La habilidad de las plantas para producir cambios de acidez al rededor de las raíces, puede ser básico en las respuesta de las diferencias varietales en suelos ácidos (Magistad, 1925)

## 2.10. NEUTRALIZACION DE LA ACIDEZ DEL SUELO.

Cuando un suelo es encalado se sucede gran número de reacciones, las cuales modifican las condiciones químicas del suelo. Sin embargo, las velocidades de neutralización y productos que se forman, no se conocen con certeza a pesar de los estudios realizados por Coleman y colaboradores, (1959)

El material de encalado reacciona con el agua para formar iones de Ca y/ Mg,  $\text{HCO}_3$  e iones hidróxidos.

La velocidad de esta reacción y por lo tanto la solución del material de encalado, depende de la velocidad a la cual los iones hidróxilos son removidos de la solución. Cuando la concentración de iones  $H^+$  se disminuye la solubilidad del calcio y  $HCO_3$  se reduce.

Teniendo en cuenta que en suelos ácidos la concentración de iones hidrónicos en solución, es función de la velocidad de hidrólisis del aluminio, hidroxido- Al ó Hidroxido- $Fe^{+3}$ , puede decirse que la cal reacciona bajo la misma influencia que determina la hidrólisis de metálicos polivalentes.

Coleman y colaboradores (1964), encontraron que la hidrólisis del aluminio en suelos se aumenta aparentemente por sales y por tanto la rata de solución del material de encalado debe ser incrementada de la misma manera. También dedujeron que la asociación de compuestos intermedios de reacción como son los polímeros de aluminio, reducen la hidrólisis, necesitando así más tiempo la reacción de neutralización.

#### 2.10.1. Productos de Neutralización.

Al iniciarse la reacción de neutralización, posiblemente los primeros iones perdidos del suelo son el H, seguido del aluminio monomérico.

Generalmente cuando un suelo ácido que contenga aluminio se encala, se obtiene como resultado calcio y magnesio intercambiables e hidróxido de aluminio y hierro. Cuando los suelos ácidos han reaccionado con el carbonato de calcio y magnesio para alcanzar un pH de 6.5, la mayoría de Mg y/o Ca de la cal se han convertido en intercambiables (León, 1971)

## 2.11. EFECTOS DEL ENCALADO SOBRE LA SOLUBILIDAD DE MICRO Y MACRO-NUTRIMENTOS.

El estado nutricional de las plantas es el resultado de varios factores, dentro de los cuales la solubilidad de los nutrientes es uno de los más importantes.

Cuando el suelo recibe un material de encalado, el principal resultado es la neutralización de la acidez, es disminuir los iones  $H^+$ , aluminio e hierro reduciendo así la posibilidad de toxicidad para las plantas. Como un segundo efecto, el Ca y Mg se solubiliza por acción del ácido carbónico abundante en suelos ácidos, los cuales se convierten en intercambiables. (Mehlich, 1943)

El contenido de Mn disponible para las plantas de cebada fue disminuido con adiciones de cal; y los efectos tóxicos fueron reducidos al máximo cuando el pH fue de 5.7. El Mn en el tejido fue asociado con el contenido de manganeso en el suelo; cuando éste aumentó, la producción se redujo. Asimismo se encontró que el contenido de Cu en el tejido de la cebada aumentó cuando el pH fue incrementado.

Massey (1971), concluyó que los efectos de la adición de  $CaCO_3$  a los suelos ácidos, tenía como consecuencia la disminución en el contenido de zinc, cobre y níquel extraíbles por D.T.P.A. A pH 4.2 el zinc, cobre y níquel obtenido en extractos de agua fueron de 7.3, 5.0 y 13 ppm respectivamente. A pH 6.8, las concentraciones de estos elementos en extractos de agua fueron de 0.3, 0.1 y 1.2 ppm respectivamente.

La aplicación de cal al suelo trae como consecuencia la solubilidad de fosfatos cristalinos, aumentando así la concentración de fósforo disponible para las plantas (Murrmann y Peech, 1969)

Cuando un suelo fue encalado para subir el pH de 5.3 a 7.7 la solubilidad del fósforo fue incrementada, la cual fue comprobada mediante la extracción por el método de Bay 1 en relación de 1:50. La correlación para la toma de fósforo por la planta de tabaco y el método de extracción fue de  $r = 0.89$

Las deficiencias de calcio pueden ocurrir cuando se incrementa la concentración de Magnesio y K con relación al calcio (Harward y Adams, 1965)

La disponibilidad del fertilizante fosfórico aplicado al suelo, depende del pH, ya que éste influye sobre la solubilidad de los fosfatos de calcio y aluminio que se formen.

Las investigaciones respecto a la absorción de fósforo, ponen de manifiesto que al anclar un suelo ácido con alto contenido en sesquióxidos, incrementa la disponibilidad del fósforo (Robertson y Colaboradores, 1954)

Se ha encontrado que el encalado en suelos muy ácidos, incrementa la disponibilidad del fósforo que se aplicó después del encalado, pero tiene muy poco efecto o ninguno sobre la disponibilidad del fósforo que fue adicionado mientras el suelo fue muy ácido (Singh y Seatz, 1961)

Referente a la disponibilidad de potasio se ha demostrado que ésta disminuye cuando el suelo es encalado y es muy común encontrar deficiencia de potasio inducidas por encalamiento (Pearson, 1958)

## 2.12. TOLERANCIA DE ALGUNAS ESPECIES Y VARIEDADES A LA ACIDEZ DEL SUELO.

En trabajos realizados por Foy y Brown (1964), se ha podido demostrar la variabilidad entre diversas plantas en cuanto a su tolerancia a la acidez. En general las plantas de clima templado toleran muy poca acidez en comparación con las de clima cálido.

La producción de tabaco (*Nicotiana tabacum* L) en los suelos ácidos de Puerto Rico, aumentó con el encalado cuando el pH fue de 5.0. Este aumento en producción fue altamente significativo en relación inversa al contenido de aluminio intercambiable. El análisis foliar indicó que el manganeso fue posiblemente el factor de toxicidad en oxisoles. La toxicidad del aluminio parece ser la principal causa del restringido crecimiento, pero la deficiencia de calcio fue el principal factor de contribución (Bruña y colaboradores, 1970)

El trabajo de invernadero llevado a cabo con variedades de papa (*Solanum tuberosum* L) a las cuales se les suministró 0-5-10-20 ppm de aluminio, se obtuvo como resultado que el aluminio en dosis de 10-20 ppm disminuyó la producción de tubérculos en todas las variedades (Lee, 1971)

En otro experimento se encontró que algunas variedades de papa toleraban concentraciones de aluminio entre 1-5 ppm y que las varie-

dades poco tolerantes acumulaban en las raíces fósforo, aluminio, manganeso, hierro y cobre, mientras que las traslocaciones de fósforo a la parte aérea fue reducida. Calcio, Zinc, y magnesio fueron absorbidos en menor cuando el aluminio estaba presente. La absorción de potasio fue estimulada a bajo nivel de aluminio e inhibida a 10 ppm. La tolerancia entre variedades de papa, puede estar relacionada con la habilidad de las raíces para absorber magnesio y potasio (Lee, 1972)

Algunas variedades de algodón (*Gossypium barbadense* L.) fueron cultivadas bajo condiciones de invernadero en un suelo ácido, con el objeto de estudiar la tolerancia a la acidez del suelo y su relación con el desarrollo radicular. Los resultados ponen de manifiesto que la tolerancia está relacionada con la habilidad para desarrollar raíces en un medio ácido (Foy y Colaboradores, 1967b)

Diferencia en tolerancia a la acidez del suelo fueron notadas en variedades de trigo (*Triticum aestivum* Vill, Host) en soluciones nutritivas, con el mismo orden relativo con que las variedades fueron afectadas en suelos ácidos de diferente contenido de aluminio intercambiable. Estas variedades fueron agrupadas en tres categorías: Tolerantes a 6.4 ppm, tolerantes a 2.4 ppm, pero sensitivos 6.4 ppm y sensitivos a 2.4 ppm, (Kerrige y colaboradores, 1971). También se encontró que las variedades tolerantes tenían menos aluminio concentrado en las raíces. Reid y colaboradores (1969), determinaron que pruebas de invernaderos con suelos de alto contenido de aluminio intercambiable pueden ser usadas para comparar tolerancia diferencial a la acidez del suelo. El coeficiente de correlación para peso, entre las raíces y la parte aérea fue de 0.93 para bajo nivel de encalado, 0.71 para

dosis alta de cal. La producción de raíces y parte aérea a bajo nivel de encalado en invernadero, fue altamente correlacionado con la producción de grano en condiciones de campo en parcelas sin encalar;  $r = 0.77$  y  $0.66$  respectivamente; estas mismas correlaciones no fueron significativas para los mismos parámetros a alto nivel de encalado.

La tolerancia diferencial entre variedades de soya (*Glycine max L*) pueden estar relacionadas con el contenido de calcio en la parte aérea. Variedades sensitivas a la acidez del suelo contenían menos calcio que las tolerantes. Estudios en suelos y soluciones indican que las diferencias de calcio son influenciadas por el aluminio, el cual interfiere en la toma y uso de calcio (Foy y colaboradores, 1969)

Investigaciones realizadas por Hutchinson y colaboradores (1970) con alfalfa, Trévol sueco, cebada y avena, en suelos ácidos de variado pH y contenido de aluminio, ponen de manifiesto que producción de materia seca de alfalfa, trébol y cebada fue significativamente menor cuando crecieron en niveles de aluminio mayores de  $100 \text{ kg/Ha}$ , mientras la materia seca producida por avena no fue afectada por altos niveles de aluminio.

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló bajo condiciones de invernadero en el C.N.I.A. Tibaitatá, localizado en Mosquera (Cundinamarca), situada a una altura de 2.640 metros sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 13.2°C y precipitación promedio anual de 631 mm.

#### 3.1. TRABAJO DE INVERNADERO.

Bajo condiciones de invernadero adaptado a 28°C y 80% de humedad relativa fue desarrollado el presente trabajo, utilizando el diseño completamente al azar con tres observaciones.

Se emplearon las siguientes variedades de tabaco:

TABLA 1. Procedencia, origen y variedades empleadas en el experimento.

Variedades	Procedencia	Origen
Cocker 111	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Cocker 319	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Cocker 254	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Speight G-6	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Speight G-31	Maracay Venezuela	U.S.A.
Speight G-10	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Virginia 115	Maracay Venezuela	U.S.A.
North Carolina 1052	Floridablanca Coltabaco	U.S.A.
North Carolina 1071	Floridablanca Coltabaco	U.S.A.
North Carolina 2512	Floridablanca Coltabaco	U.S.A.
Burley 21	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Burley 49	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Ky 9	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Mc Nair 10	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Mc Nair 20	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.
Mc Nair 30	Granja Enciso (S.S.)	U.S.A.

Las cantidades de cal necesarias para neutralizar los diferentes porcentajes de aluminio, fueron determinadas empleando el método de la incubación descrito por Tobón y León (1970)

Los porcentajes de aluminio intercambiables neutralizados fueron 0, 30, 60, y 90, empleando para tal fin mezcla de carbonato de calcio y magnesio r.p, en proporción 3:1

En el presente estudio se utilizó un suelo de Carimagua cuya clasificación de acuerdo a la 7ª aproximación, corresponde a Caolinitico, Iso-hypertérmico, Tipo Haplustox.

El semillero fue hecho en germinadores mezclando suelo y arena en proporción 2:1, de donde se sacaron las plántulas después de un mes a bandas de cartón de 2" x 2" x 2.5".

El suelo empleado fue finamente molido y pasado por un tamiz de 2 mm. Cada pote fue llenado con 1.8 kilos de suelo, el cual recibió el material de encalado y se mantuvo en incubación con humedad equivalente a  $2/3$  de la capacidad de campo, por espacio de 10 días bajo condiciones de invernadero, al fin de los cuales se trasplantó una planta por pote.

Las plantas fueron fertilizadas al momento del trasplante con 80, 300 y 200 Kg/Ha de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  respectivamente, suministrados en solución y empleando como fuentes Urea y Fosfato Acido de Potasio.

Las plantas fueron cosechadas 66 días después del trasplante, separadas en raíz, tallo y hojas y el material secado en estufa a  $70^{\circ}C$  por 36 horas a peso constante.

Al final de la cosecha se tomó una muestra de suelo por pote para análisis de macro y micronutrientes, pH, aluminio intercambiable y extraído con cloruro de magnesio 0.5 N.

### 3.2. PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO.

#### 3.2.1. Análisis de Suelo.

El pH fue determinado por el método potenciométrico con electrodo de vidrio, descrito por Jackson (1958), usando una relación suelo agua por volumen de 1:1

El Fósforo fue analizado por el método Bray II (Fósforo absorbido y soluble en ácido), descrito por Bray y Kurtz (1945).

El aluminio intercambiable se extrajo mediante el método de KCl 1 N (Kampratt, 1967). Las bases intercambiables usando una solución neutra de acetato de amonio 1 N (Jackson, 1958)

El Aluminio reactivo se determinó por el método descrito por Schalschea y colaboradores (1972)

Los microelementos se determinaron siguiendo el procedimiento de extracción por D.T.P.A. descrito por Norvell y Lindsay (1969)

#### 3.2.2. Análisis de Tejido

Al material seco se le determinó peso y luego se molió finamente. Para tomar las muestras de análisis de tejido de la parte aérea, se mezclaron el tallo y las hojas, analizando separadamente las raíces.

La determinación de fósforo, calcio y magnesio se hizo mediante

el método descrito por Lora y colaboradores (1973). Los elementos menores mediante las técnicas de análisis de tejidos del Laboratorio de suelos del Instituto Colombiano Agropecuario y leídas en un electrofotoespectrómetro de absorción atómica, Perkin - Elmer Modelo 303.

El aluminio total en tejido vegetal se determinó siguiendo el método del "aluminon", descrito por Chenery (1948)

### 3.3. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO.

Como variables independientes se tomaron las variedades y los niveles de encalado y como variables dependientes el contenido de Fósforo, Calcio, Hierro, Cobre, Zinc, Magnesio y aluminio en tejido aéreo y raíz considerados separadamente.

Mediante el análisis de varianza, se determinó la influencia de variedades de niveles de encalado, sobre las variables independientes y la interacción de niveles por variedades en el contenido de nutrientes en tejidos.

Las diferencias entre niveles y variedades se establecieron mediante las Amplitudes Límites de Significación de Duncan, cuando la interacción no fue significativa. Igualmente se determinaron las diferencias para las interacciones niveles por variedades, cuando ésta fue significativa.

Mediante el estudio de correlaciones se determinó el grado de asociación entre la producción de materia seca y el contenido de nutrientes.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. ANALISIS DE SUELOS.

#### 4.1.1. Neutralización del Aluminio Extraído con KCl 1N.

Las cantidades de cal necesarias para neutralizar los diferentes porcentajes de aluminio del suelo, y pH después de incubación aparecen en la Tabla 2.

TABLA 2 Toneladas de  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$  (3:1), porcentaje de aluminio neutralizado, pH y aluminio presente en el suelo después de la incubación, en un suelo de Carimagua, Llanos Orientales.

Cal Ton/Ha	pH	% Neutralización Aluminio	Aluminio en suelo m.e./100 g.
0	4.30	0	3.37
1.1	4.68	30	2.26
2.5	4.97	60	1.35
5.5.	5.45	90	0.33

Como puede observarse, para neutralizar el 90% de aluminio intercambiable se necesitaron 5.5 ton de Cal/Ha. Este resultado está de acuerdo con los requerimientos de cal encontrados por Tobón y León (1970) para algunos suelo minerales de Colombia.

#### 4.1.2. Propiedades Físico Químicas del Suelo.

El resultado del análisis de suelo fue el siguiente:

Textura	Franco Arcilloso
pH	4.40
Fósforo Bray II	10.1 ppm
Calcio	0.8 m.e./100 g

Hierro	137.4 ppm
Magnesio	0.37 m.e./100 g
Potasio	0.10 m.e./100 g
Sodio	0.06 m.e./100 g
Al extraído KCl 1N	3.37 m.e./100 g
H <sup>+</sup>	1.0 m.e./100 g
C.I.C.	13.0 m.e./100 g
% S.B.	12.0 m.e./100 g
Cobre	1.64 m.e./100 g
Zinc	21.5 ppm
Magnesio	16.26 ppm

El pH del suelo bajo estudio es ácido, con alto contenido de aluminio con una saturación de 27.6%, lo cual posiblemente conlleva a toxicidad de aluminio (Shoop y colaboradores, 1961). La C.I.C., porcentajes de saturación de bases, contenido de Fósforo, Calcio, y Magnesio son bajos causando posiblemente deficiencias de estos elementos. En relación con el contenido de elementos menores se observa que están dentro del rango encontrados para la mayoría de los suelos minerales, a excepción del contenido de cobre que es bajo (Oertel, 1961)

#### 4.1.3. Contenido de Nutrientes en el Suelo después de la Cosecha.

El pH del suelo se incrementó de 4.30 a 5.5. con aplicaciones de 5.5. ton de Cal/Ha, y el aluminio intercambiable se redujo a 0.30 m.e./100 g. A este contenido de aluminio, los efectos tóxicos se deben reducir al mínimo, según investigaciones de Shoop y colaboradores (1961), quienes encontraron que a cantidades menores de 0.5 m.e./100 g de aluminio, la mayoría de las plantas se desarrollaban bien,

TABLA 3 Contenido de Nutrimientos después de la cosecha. Promedio de 16 observaciones.

Nutrimentos y pH	CAL APLICADA Ton/Ha			
	0	1.1	2.5	5.5
pH	4.30	4.68	5.00	5.5
P ppm	38.0	42.0	46.0	50.0
Ca m. e./100 g	1.0	2.0	3.2	4.1
Mg m. e./100 g	0.35	0.70	1.20	1.80
Al m. e./100 g	3.0	2.2	1.30	0.30
Cu ppm	1.60	1.42	1.54	1.32
Zn ppm	2.24	3.12	2.88	3.86
Fe ppm	137.4	125.3	120.1	107.7
Mn ppm	16.26	10.6	13.84	10.78

El contenido de Fósforo en todos los niveles de encalado es alto, según los límites establecidos por el Programa de Suelos del ICA. La reducción en el contenido de Fósforo cuando no se aplicó cal, se debe posiblemente a la fijación por el aluminio y el hierro.

El contenido de Calcio y Magnesio aumenta con los niveles de encalado, manteniendo siempre constante la relación 3:1

Cuando no se aplicó Cal el contenido de Calcio y Magnesio fue muy bajo, induciendo posiblemente deficiencias en suelos que contengan menos de 1.5 m.c./100 g (Colwell y Brand, 1945)

El contenido de cobre disminuyó con los niveles de encalado lo cual está de acuerdo con trabajos realizados por Younts y Fiskell (1963), quienes encontraron que el encalado disminuye la disponibilidad de cobre por efecto del pH, y aplicaciones de Fósforo.

El contenido de zinc aumentó con los niveles de encalado; siembargo, se ha observado que la actividad de Zinc, Manganeso y Hierro disminuye con el encalado (Trough, 1947)

#### 4.2. ANALISIS DE TEJIDO.

##### 4.2.1. Producción de Materia Seca.

La producción de materia seca del tejido aéreo y raíces en los diferentes niveles de encalado, aparecen en la tabla 4.

En general la producción de materia seca de la parte aérea fue bastante restringida a bajo nivel de encalado, en comparación con la producción cuando se aplicó Cal, lo cual indica que la mayoría de las variedades responden a las aplicaciones de esta enmienda.

Las variedades de mayor producción de materia seca cuando no se aplicó Cal, fueron: Speight G-6, Speight G-31, NC 2512, Mc Nair 10, las cuales no ofrecen diferencia significativa para la producción de tejido aéreo en este nivel de encalado.

Las variedades Mc Nair 20 y NC 2512 produjeron sus máximos rendimientos con aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha.

Las variedades Speight G-6, Speight G-31 que produjeron altos rendimientos a bajo nivel de encalados en comparación con las otras variedades, producen máximos rendimientos cuando se aplican 5.5 ton de Cal/Ha.

La producción de materia seca de tejido aéreo de las variedades Burley 21, Burley 49 y Ky 9, fue estadísticamente inferior a las demás

TABLA 4 Producción de Materia Seca en g/pote de Tejido Aéreo y Raíces de 16 Variedades de Tabaco a Diferente Nivel de Encalado, en un suelo de Carimagua (Llanos Orientales). Promedio de 3 Observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada Ton/Ha							
	0	1.1	2.5	5.5	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	6.11 ij	7.11 g	7.69 ef	8.84 abc	1.71 c	1.66 c	1.92 abc	2.10 abc
Cocker 319	7.02 gh	7.60 ef	7.44 ef	7.21 ef	1.69 c	2.25 abc	2.00 abc	2.00 abc
Cocker 254	5.11 ij	8.98 abc	7.94 def	8.47 cd	1.50 c	2.42 abc	1.96 abc	2.14 abc
Speight G-6	7.80 def	7.54 ef	7.79 ef	9.22 abc	2.07 abc	1.69 c	2.09 abc	2.03 abc
Speight G-31	7.83 def	8.44 cd	8.11 def	10.10 ab	1.76 abc	2.10 abc	2.06 abc	1.99 abc
Speight G-10	6.97 gh	6.89 gh	8.66 bc	8.47 cd	1.98 abc	1.89 abc	1.91 abc	2.03 abc
Virginia 115	6.39 hi	7.57 ef	8.16 de	8.97 abc	1.76 abc	1.89 abc	1.90 abc	1.82 abc
N.C. 1052	6.25 hi	7.93 def	8.40 cde	10.28 a	1.61 c	1.87 abc	1.92 abc	1.75 bc
N.C. 1071	6.47 gh	7.39 f	7.46 ef	8.67 bc	2.05 abc	2.00 abc	1.94 abc	2.05 abc
N.C. 2512	7.47 ef	7.80 def	9.36 ab	9.82 abc	2.16 abc	2.20 abc	2.15 abc	2.36 abc
Burley 21	4.21 j	5.06 j	5.22 j	6.69 ghi	1.69 c	2.10 abc	2.06 abc	2.26 abc
Burley 49	5.02 i	5.73 ij	5.92 ij	7.91 def	1.84 abc	2.17 abc	2.37 abc	2.63 a
Ky 9	5.11 ij	6.39 hi	6.21 hi	6.97 ghi	1.71 c	2.50 ab	2.57 a	2.46 abc
Mc Nair 10	7.27 f	8.07 fg	7.69 ef	8.21 de	1.82 abc	1.95 abc	1.91 abc	1.77 abc
Mc Nair 20	6.97 gh	7.13 fg	9.17 abc	9.88 abc	1.91 abc	1.96 abc	2.24 abc	2.07 abc
Mc Nair 30	7.01 gh	6.75 ghi	6.91 gh	7.70 ef	1.99 abc	1.92 abc	2.27 abc	2.04 abc

Resultados comparables con una letra en común, no difieren estadísticamente al nivel del 5%

variedades en todo nivel de encalado indicando que no hubo respuestas a aplicaciones de Cal, siendo su rendimiento extremadamente bajo con 5.5 ton sw Cal/Ha. Esto parece indicar que a pH de 5.5 y 0.37 m.e. de Al/100 g se inhibe el crecimiento de las variedades Burley.

La producción de raíces de la mayoría de las variedades fue máxima cuando se aplicó 1.1 ton de Cal/Ha.

Se observa también que las variedades que producen mayor cantidad de materia seca de tejido aéreo cuando no se aplicó Cal, también producen alta cantidad de raíces.

La gráfica 1 muestra la producción de materia seca de 4 variedades de tabaco a diferentes niveles de encalado.

Las variedades Burley 21 cuya producción fue restringida a bajo nivel de encalado, no modifica su rendimiento en forma significativa con aplicaciones de 5.5 ton de Cal/ Ha.

La variedad Speight G-6 tiene buena producción a bajo nivel de encalado, la cual es mayor que la variedad Burley 21, produce rendimientos muy similares hasta aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha. Sin embargo cuando se aplican 5.5 ton de Cal/Ha, producen los máximos rendimientos.

Igualmente se observa que la variedad Mc Nair 20, no modifica los rendimientos cuando se aplica 1.1 ton de Cal/Ha, pero produce los máximos rendimientos con aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha, lo cual indica que es bastante tolerante a la acidez del suelo y a cantidades de 1.30 m.e. de Al/100 g.

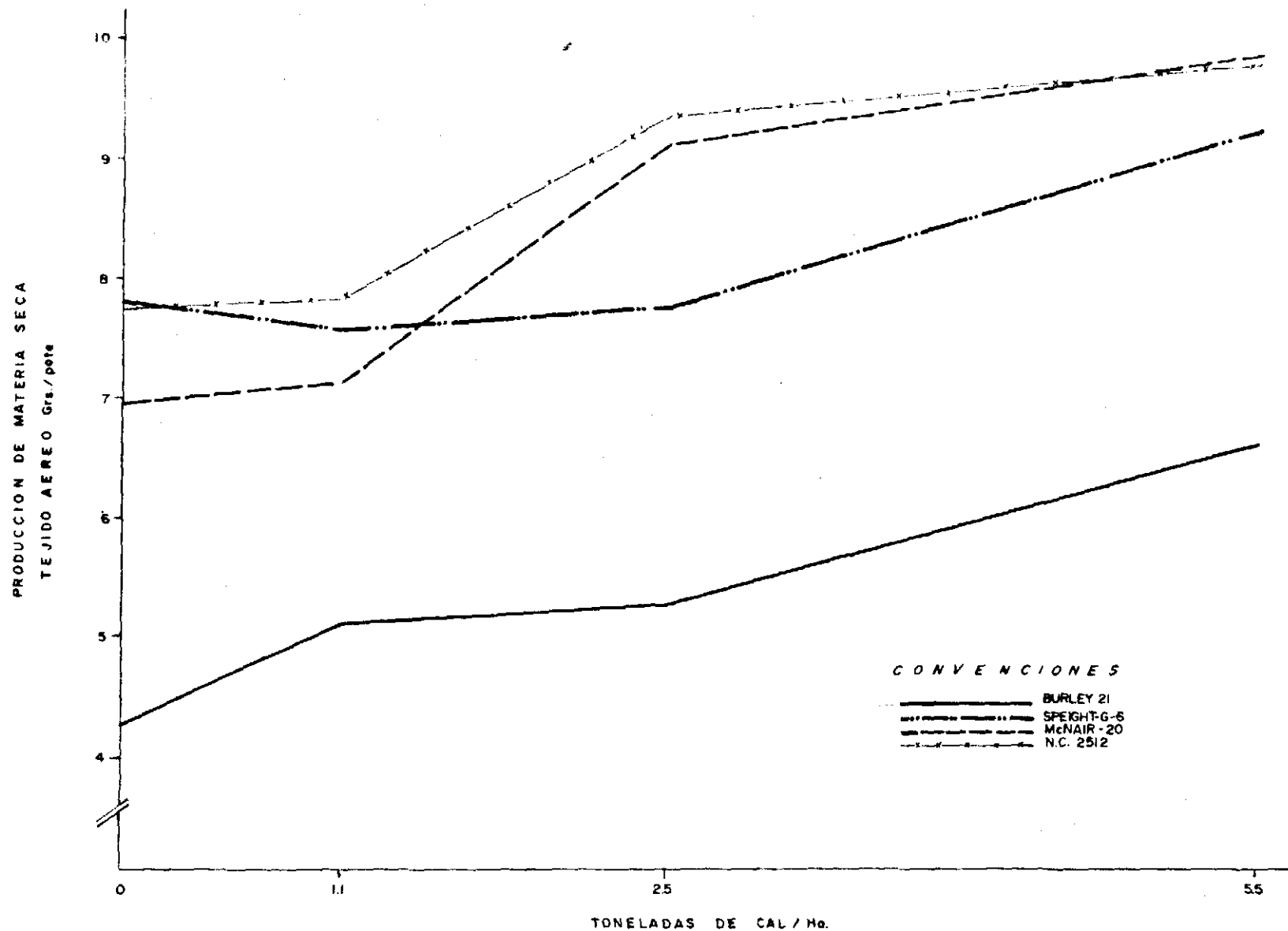


FIG. 1 — INFLUENCIA DEL ENCALADO SOBRE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA DE TEJIDO AEREO DE CUATRO VARIIDADES DE TABACO.

Este mismo comportamiento en relación con la producción de materia seca, se observa en la variedad NC 2512

#### 4.2.2. Concentración de Fósforo en Tejido Aéreo y Raíces.

El porcentaje de Fósforo en tejido aéreo y raíces aparece en la Tabla 5.

La concentración de Fósforo en tejido aéreo para cada una de las variedades no ofrece diferencias significativas dentro de los diferentes niveles de encalado, lo cual indica que la mayoría de las variedades tiene gran habilidad para extraer fósforo en presencia de altas concentraciones de aluminio, como puede verse en las variedades Speight G-6, Speight G-10, NC 2512, Mc Nair 30, lo cual está de acuerdo con datos reportados por Foy y colaboradores (1967a)

La concentración de fósforo en las raíces a bajo nivel, mayor que con aplicaciones altas de cal, indica que el fósforo posiblemente es precipitado por el aluminio impidiendo su traslocación y su utilización en la parte aérea.

Se observa igualmente, que las mayoría de las variedades acumula fósforo en las raíces, la cual disminuye con aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha y posiblemente induce a una mayor traslocación a la parte aérea, permitiendo la obtención de máximos rendimientos como se discutió anteriormente al hacer referencia a la producción de materia seca

Las variedades Speight G-6, MC 1052 y Mc Nair 20 que produjeron más materia seca a bajo nivel de encalado, contienen menos Fósforo

TABLA 5 Porcentaje de Fósforo en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferente nivel de encalado, en un suelo de Carimagua (Llanos Orientales). Promedio de 3 observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada ton/Ha							
	0	1.1	2.5	5.5	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	0.16 abc	0.18 abc	0.14 bc	0.14 bc	0.22 ab	0.19 bc	0.18 cd	0.16 de
Cocker 319	0.16 abc	0.16 abc	0.15 bc	0.14 bc	0.22 ab	0.22 ab	0.19 bc	0.17 cd
Cocker 254	0.17 abc	0.16 abc	0.16 abc	0.14 bc	0.22 ab	0.20 bc	0.20 bc	0.17 cd
Speight G-6	0.16 abc	0.12 c	0.12 c	0.11 c	0.18 cd	0.19 bc	0.18 cd	0.18 cd
Speight G-31	0.13 c	0.15 bc	0.13 c	0.13 c	0.20 bc	0.18 cd	0.16 de	0.16 de
Speight G-10	0.15 bc	0.15 bc	0.15 c	0.11 c	0.22 ab	0.23 ab	0.15 de	0.17 cd
Virginia 115	0.16 abc	0.15 bc	0.13 c	0.09 c	0.21 bc	0.22 bc	0.15 de	0.15 de
NC 1052	0.15 c	0.15 bc	0.14 bc	0.12 c	0.24 a	0.23 ab	0.14 de	0.16 de
NC 1071	0.18 abc	0.14 bc	0.11 c	0.12 c	0.22 ab	0.20 bc	0.14 de	0.16 de
NC 2512	0.16 abc	0.15 bc	0.12 c	0.11 c	0.19 bc	0.20 bc	0.14 de	0.15 de
Burley 21	0.21 ab	0.23 a	0.19 abc	0.17 abc	0.22 ab	0.24 a	0.20 bc	0.19 bc
Burley 49	0.19 abc	0.21 ab	0.18 abc	0.18 abc	0.26 a	0.25 a	0.23 ab	0.19 bc
Ky 9	0.20 abc	0.19 abc	0.21 ab	0.21 ab	0.23 ab	0.23 ab	0.18 cd	0.19 bc
Mc Nair 10	0.12 c	0.17 abc	0.12 c	0.15 bc	0.21 bc	0.20 bc	0.18 cd	0.17 cd
Mc Nair 20	0.17 abc	0.18 abc	0.13 c	0.14 bc	0.21 bc	0.21 bc	0.15 de	0.15 de
Mc Nair 30	0.15 bc	0.17 abc	0.15 bc	0.14 bc	0.22 ab	0.21 bc	0.19 bc	0.16 de

Resultados comparables con una letra en común, no difieren estadísticamente al nivel del 5%

acumulado en las raíces, lo cual puede estar relacionado con la tolerancia a la acidez del suelo, tal como fue observado por Foy y Brown (1963)

#### 4.2.3. Concentración de Calcio y Magnesio en Tejido Aéreo y Raíces.

La concentración de calcio y magnesio en tejido aéreo y raíces de las variedades aparece en las tablas 6 y 7 respectivamente.,

La concentración de calcio en la mayoría de las variedades parece no incrementar con los niveles de encalado. Los datos obtenidos cuando no se aplicó Cal no difieren estadísticamente con el contenido cuando se aplicaron 5.5 ton de Cal/Ha, lo cual sugiere que las variedades en estudio tienen gran habilidad para extraer calcio cuando esta presente en bajas cantidades en el suelo; y que las variedades que produjeron más a bajo nivel de encalado, posiblemente tengan la propiedad de utilizar más eficientemente el calcio absorbido, lo cual guarda relación con las sugerencias sobre la tolerancia de algunas especies de plantas a la acidez del suelo descrito por Walker y colaboradores (1955)

El contenido de calcio en las raíces fue inferior al encontrado en la parte aérea para todos los niveles de encalado, indicando que el aluminio presente cuando se aplicaron las diferentes cantidades de cal, no influye sobre la traslocación a la parte aérea de la planta.

También puede observarse que las variedades que produjeron más cantidad de materia seca contienen menor concentración de calcio en las raíces, lo que implicaría una mayor movilidad hacia la parte aérea.

TABLA 6 Porcentaje de calcio en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco, a diferentes niveles de encalado en un suelo de Carimagua (Llanos Orientales). Promedio de 3 observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada ton/Ha							
	0	1.1	2.5	5.5	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	0.29 d	0.35 d	0.40 bcd	0.45 abcd	0.18 ef	0.20 ef	0.20 ef	0.30 bc
Cocker 319	0.33 d	0.37 cd	0.45 abcd	0.42 abcd	0.21 ef	0.26 d	0.27 d	0.37 ab
Cocker 254	0.31 a	0.34 d	0.36 cd	0.42 abcd	0.20 ef	0.21 ef	0.23 de	0.25 d
Speight G-6	0.33 d	0.41 bcd	0.50 abc	0.49 abc	0.15 f	0.20 ef	0.25 d	0.34 bc
Speight G-31	0.42 abcd	0.32 d	0.48 abc	0.55 ab	0.17 ef	0.17 f	0.21 f	0.24 de
Speight G-10	0.33 d	0.32 d	0.45 abcd	0.52 abc	0.19 ef	0.18 f	0.22 de	0.25 d
Virginia 115	0.40 bcd	0.37 cd	0.46 abc	0.47 abc	0.18 ef	0.19 f	0.25 d	0.34 bc
NC 1052	0.58 a	0.42 abcd	0.36 cd	0.51 abc	0.16 f	0.24 de	0.33 bc	0.29 bcd
NC 1071	0.43 abcd	0.45 abcd	0.44 bcd	0.44 abcd	0.15 f	0.28 bcd	0.24 de	0.27 d
NC 2512	0.42 abcd	0.39 bcd	0.36 de	0.43 bc	0.16 f	0.23 de	0.23 de	0.25 d
Burley 21	0.52 abc	0.40 abc	0.46 abc	0.55 ab	0.19 ef	0.29 bcd	0.23 de	0.36 abc
Burley 49	0.50 abc	0.34 d	0.44 bc	0.45 abcd	0.22 de	0.29 bcd	0.24 de	0.23 cd
Ky 9	0.48 abc	0.51 abc	0.49 abc	0.52 abc	0.20 ef	0.22 de	0.23 de	0.27 d
Mc Nair 10	0.40 bcd	0.34 d	0.39 bcd	0.50 abc	0.20 ef	0.25 d	0.25 d	0.34 bc
Mc Nair 20	0.43 abcd	0.46 abc	0.47 abc	0.50 abc	0.19 ef	0.20 f	0.30 bc	0.28 bcd
Mc Nair 30	0.41 abcd	0.42 abcd	0.44 abc	0.44 abc	0.17 ef	0.20 f	0.37 ab	0.24 de

Resultados comparables con una misma letra en común, no difieren estadísticamente al nivel del 5%

TABLA.7 Porcentaje de Magnesio en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferente nivel de enca-lado, en un suelo de Carimagua (Llanos Orientales). Promedio de 3 observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada Ton/Ha							
	0	1.1	2.5	5.5	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	0.18 d	0.28 cd	0.31 cd	0.40 ab	0.23 f	0.23 f	0.30 de	0.31 de
Cocker 319	0.25 cd	0.29 cd	0.32 bcd	0.38 ab	0.28 ef	0.27 ef	0.36 cde	0.36 cde
Cocker 254	0.20 d	0.32 bc	0.28 cd	0.33 bc	0.20 f	0.25 ef	0.36 cde	0.40 bcd
Speight G-6	0.27 cd	0.31 cd	0.32 bcd	0.46 ab	0.23 f	0.30 de	0.36 cde	0.39 cde
Speight G-31	0.30 cd	0.30 cd	0.33 bc	0.37 ab	0.26 ef	0.27 ef	0.33 de	0.40 bcd
Speight G-10	0.27 cd	0.24 cd	0.27 cd	0.39 ab	0.22 f	0.26 ef	0.34 cde	0.52 ab
Virginia 115	0.24 cd	0.32 bcd	0.29 cd	0.33 bc	0.21 f	0.24 f	0.31 de	0.40 bcd
NC 1052	0.33 bc	0.27 cd	0.29 cd	0.33 bc	0.22 f	0.31 de	0.37 cde	0.51 ab
NC 1071	0.24 cd	0.35 b	0.29 cd	0.38 ab	0.24 f	0.27 ef	0.40 bcd	0.36 cde
NC 2512	0.27 cd	0.29 cd	0.28 cd	0.31 cd	0.26 ef	0.30 de	0.33 de	0.46 abc
Burley 21	0.37 ab	0.37 ab	0.37 ab	0.51 a	0.15 f	0.22 f	0.23 f	0.49 abc
Burley 49	0.30 cd	0.30 cd	0.29 cd	0.43 ab	0.23 f	0.28 ef	0.29 c	0.37 cde
Ky 9	0.26 cd	0.40 ab	0.33 bc	0.44 ab	0.30 de	0.33 de	0.23 f	0.56 a
Mc Nair 10	0.32 bcd	0.34 bc	0.34 bc	0.42 ab	0.19 ef	0.31 de	0.31 de	0.53 ab
Mc Nair 20	0.25 cd	0.38 ab	0.30 cd	0.42 ab	0.20 f	0.29 c	0.31 de	0.39 cde
Mc Nair 30	0.26 cd	0.30 cd	0.36 b	0.41 ab	0.27 ef	0.31 de	0.30 de	0.47 abc

Resultados comparables con una letra en común, no difieren estadísticamente al nivel del 5%

El coeficiente de correlación entre la producción de tejido aéreo y el contenido de calcio no fue significativo, lo cual indica su independencia con la producción, pero si puede estar relacionado con una mayor utilización.

La variación en la concentración de magnesio en la parte aérea es muy similar a la encontrada en las raíces, ya que tiende a aumentar cuando se incrementan las cantidades de cal aplicadas al suelo. La máxima concentración de magnesio en tejido aéreo se obtuvo cuando se aplicaron 5.5 ton de Cal/Ha., observación que es válida para todas las variedades en estudio.

Las variedades que obtuvieron alto rendimiento a bajo nivel de encalado no difieren en su contenido de magnesio con las variedades que produjeron menor cantidad de materia seca, lo cual indica que la alta producción se debe posiblemente a la eficiencia para utilizar el magnesio.

El coeficiente de correlación para el contenido de magnesio en tejido aéreo y en la raíz con respecto a la producción, fue positivo y significativo con un valor de  $r = 0,56$ , lo cual indica que la traslocación de magnesio a la parte aérea está asociada con el contenido de este elemento en la raíz.

También se observa que el coeficiente de correlación entre la producción de materia seca de tejido aéreo y el contenido de magnesio en la raíz fue positivo y significativo con un valor de  $r = 0,55$

#### 4.2.4. Concentración de Potasio en Tejido Aéreo y Raíces.

En la tabla 8 aparece la concentración de Potasio en tejido aéreo y raíces.

El porcentaje de Potasio en tejido aéreo fue mayor que en las raíces para los diferentes niveles de encalado, lo cual sugiere que no hay acumulación de potasio en las raíces y posiblemente la traslocación no sea afectada por las cantidades de aluminio presentes en el suelo.

La comparación de los datos en tejido aéreo permite poner de manifiesto que no existe variación en la disponibilidad de potasio a pH inferior a 5,4 y que el bajo contenido de potasio para algunas variedades a bajo nivel de encalado no está influenciado por el pH del suelo, lo cual posiblemente pueda deberse a aspectos varietales.

Sin embargo, se observa que las variedades que producen mayor cantidad de tejido, tienen una relación Ca/K mayor que las variedades que produjeron menos, lo cual indica que a medida que aumenta la cantidad de potasio en el tejido con relación al calcio disminuye la división celular afectando por tanto la producción de materia seca (Njoku, 1957)

El coeficiente de correlación para la producción de materia seca y el contenido de potasio fue negativo, pero no significativo, con valor de  $r = 0.45$

TABLA 8 Porcentaje de Potasio en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferente nivel de encalado, en suelo de Carimagua, (Llanos Orientales). Promedio de 3 observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada Ton/Ha							
	0	1.1	2.5	5.5	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	1.28 i	1.61 cdefgh	1.50 efg	1.56 efg	1.20 cd	1.05	1.49 abc	1.27 bcd
Cocker 319	1.38 i	1.53 efg	1.48 gh	1.57 efg	1.29 bcd	1.27 bcd	1.34 abc	1.38 abc
Cocker 254	1.40 hi	1.57 efg	1.59 cdefgh	1.67 cdefgh	1.51 abc	1.10 c	1.37 abc	1.44 abc
Speight G-6	1.83 bcd	1.46 gh	1.71 cdefgh	1.54 efg	1.14 de	1.28 bcd	1.24 cd	1.25 bcd
Speight G-31	1.20 i	1.35 hi	1.43 hi	1.34 hi	1.14 de	0.99 c	1.26 bcd	1.12 de
Speight G-10	1.25 i	1.51 efg	1.40 hi	1.80 bcdef	1.00 e	1.14 de	1.17 de	1.38 abc
Virginia 115	1.45 e	1.50 efg	1.80 bcdef	1.31 i	0.99 e	1.02 c	1.30 abcd	1.19 de
NC 1052	1.41 hi	1.54 efg	1.46 gh	1.37 i	0.96 e	1.27 bcd	1.36 abc	1.33 abc
NC 1071	1.28 i	1.43 hi	1.34 i	1.40 hi	0.97 e	1.14 de	1.33 abc	1.30 abcd
NC 2512	1.28 i	1.53 efg	1.47 gh	1.35 i	1.11 de	1.20 cd	1.22 cd	1.35 abc
Burley 21	1.90 abc	2.08 ab	2.17 a	1.72 cdefgh	0.97 e	1.23 cd	1.29 bcd	1.20 cd
Burley 49	1.90 abc	1.49 ab	1.86 bcd	1.71 cdefgh	0.90 e	1.14 de	1.27 bcd	1.18 de
Ky 9	1.56 efg	1.85 bcde	2.22 a	1.93 abc	0.90 e	1.33 abc	1.18 de	1.31 abc
Mc Nair 10	1.09 i	1.39 hi	1.56 efg	1.85 bcde	0.93 e	1.26 bcd	1.37 abc	1.61 a
Mc Nair 20	1.33 i	1.49 gh	1.43 hi	1.44 e	0.95 e	1.21 cd	1.28 bcd	1.56 ab
Mc Nair 30	1.33 i	1.55 efg	1.74 bcdef	1.61 defg	0.93 e	1.11 de	1.36 abc	1.39 abc

Resultados comparables con la misma letra en común, no difieren estadísticamente al nivel del 5%

INTEGRA AGRPECUARIA DE CALIFORNIA

#### 4.2.5. Contenido de Zinc en Tejido Aéreo y Raíces.

En la tabla 9 aparece el contenido de zinc en ppm de tejido aéreo y raíces.

El contenido de Zinc en tejido aéreo en comparación con el contenido en las raíces, es menor hasta aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha, lo cual indica que el aluminio no influye en la traslocación del Zinc. Sin embargo, con aplicaciones de 5.5 ton de Cal/Ha, el Zinc se acumula en las raíces impidiendo su traslocación, lo cual puede deberse a que el fósforo interfiere en la toma, traslocación y utilización del Zinc, tal como fue reportado por Adriano y Paulsen (1971)

También puede observarse que el contenido de Zinc en tejidos de Tabaco, disminuye con los niveles de encalado, debido posiblemente al efecto de pH, tal como fue sugerido por Boawn y colaboradores (1957)

El coeficiente de correlación para la producción de materia seca y el contenido de Zinc, fue negativo y significativo  $r = -0.64$ . De acuerdo a los datos de la tabla 9 parece que los límites críticos para las variedades de tabaco son de 10-12 ppm de Zinc.

#### 4.2.6. Contenido de Cobre en Tejido Aéreo y Raíces.

El contenido de cobre en tejido aéreo y raíces de las diferentes variedades aparece en la Tabla 10. Los datos obtenidos para las diferentes variedades indican que el encalado tiene muy poca influencia sobre el contenido de cobre en el tejido de plantas de tabaco, ya que no se observa variación a diferentes niveles de encalado como lo demuestran las comparaciones estadísticas.

TABLA 9 Contenido de Zinc en ppm en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferentes niveles de enclado en un suelo de Carimagua (Llanos Orientales). Promedio de tres observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada ton/Ha.							
	0	1.1	2.5	5.5.	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	18	18	16	13	17	17	21	15
Cocker 319	15	18	13	12	15	21	16	18
Cocker 254	22	16	14	13	32	22	16	16
Speight G-6	22	25	23	10	27	28	17	25
Speight G-31	15	21	14	09	16	27	16	13
Virginia 115	13	19	13	12	16	19	15	18
NC 1052	22	19	15	11	26	23	17	15
NC 1071	21	16	14	11	22	20	14	17
NC 2512	17	17	14	12	24	25	15	19
Burley 21	21	19	18	15	16	20	17	17
Burley 49	20	20	22	14	16	21	13	15
Ky 9	15	17	16	15	24	23	31	18
Mc Nair 10	15	15	17	13	14	20	26	16
Mc Nair 20	21	19	16	11	19	21	21	15
Mc Nair 30	20	21	21	12	19	32	31	17
Speight G-10	14	17	12	10	15	19	15	32

TABLA 10 Contenido de Cobre en ppm de tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco a diferentes niveles de encalado en un suelo de Carimagua (Llanos Orientales). Promedio de tres observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada Ton/Ha							
	0	1.1	2.5	5.5	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	18.5 a	13.1 a	11.0 abc	11.6 abc	21.0 de	19.0 e	29.0 bcde	29.0 bcde
Cocker 319	11.0 abc	11.0 abc	10.0 abc	9.3 bcd	27.1 abcde	28.0 abcd	34.0 ab	25.4 bcde
Cocker 254	7.3 d	8.5 d	8.8 d	11.3 abc	24.0 cde	20.3 e	24.2 bcd	23.5 cde
Speight G-6	11.1 abc	10.3 abcd	10.0 abcd	9.5 bcd	16.0 e	18.5 e	21.5 de	25.7 bcde
Speight G-31	8.6 d	8.3 d	7.6 d	10.5 bcd	20.1 e	24.4 cde	21.7 de	27.8 bcd
Speight G-10	8.6 d	10.3 abcd	7.6 d	8.3 d	22.2 de	29.5 abc	22.0 de	28.0 bcd
Virginia 115	8.1 d	10.8 abcd	8.3 d	7.0 d	21.3 de	25.4 cde	21.5 de	22.0 de
NC 1052	9.8 bcd	9.6 bcd	8.5 d	8.1 d	24.0 cde	27.4 abcde	24.0 bcde	26.5 bcde
NC 1071	10.0 abcd	10.0 abcd	11.3 abc	7.6 d	24.0 cde	23.5 cde	22.5 de	28.7 bcde
NC 2512	10.1 abcd	9.5 bcd	10.6 abcd	10.6 bcd	22.2 cde	24.0 cde	23.4 cde	26.4 bcde
Burley 21	11.0 abc	12.3 abc	10.3 abcd	9.6 bcd	30.5 abcd	37.0 a	24.2 cde	29.3 bcde
Burley 49	11.8 abc	11.6 abc	11.8 abc	10.0 abcd	25.0 cde	31.0 abcd	29.0 bcde	25.5 bcde
Ky 9	13.3 a	9.5 bcd	12.8 ab	13.5 a	25.0 cde	33.0 abc	30.0 bcd	31.6 abcd
Mc Nair 10	9.6 bcd	9.8 bcd	9.3 bcd	12.1 abc	23.0 cde	27.0 abcd	31.0 abcd	27.0 bcde
Mc Nair 20	12.5 ab	10.6 abcd	10.3 abcd	10.3 abcd	23.0 cde	29.0 bcd	29.0 bcd	30.0 abcd
Mc Nair 30	9.3 bcd	10.0 abcd	11.3 abc	9.5 bcd	30.0 abcd	25.0 cde	23.0 cde	23.0 cde

Resultados comparables con la misma letra en común, no difieren estadísticamente al nivel del 5%

Los datos de la Tabla 10 muestran que las producciones altas de las variedades Speight G-31, Speight G-10 y North Carolina 2512, está relacionada con bajos contenidos de cobre, lo cual posiblemente se debe a la disminución de este nutrimento en presencia de altas cantidades de fósforo, como lo demuestra Greenwood y Hallsworth (1960).

#### 4.2.7 Contenido de Manganeso en Tejido Aéreo y Raíces.

Los datos de la Tabla 11 indican que el contenido de Manganeso se redujo en el tejido aéreo con aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha., el cual no ofrece diferencias significativas con aplicaciones de 5.5 ton de Cal/Ha.

En cuanto al contenido de manganeso en raíces, puede observarse que a bajo nivel de encalado se acumula en las raíces, disminuyendo su contenido con aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha, valores estos que no difieren significativamente con los encontrados para aplicaciones de 5.5 ton de Cal/Ha

Los máximos contenidos de manganeso a bajo nivel de encalado (0.0 ton de Cal/Ha.), corresponden a las variedades que produjeron menor cantidad de materia seca, lo cual posiblemente está relacionado con el efecto tóxico del exceso de manganeso en suelo ácidos.

El estudio de correlaciones entre la producción de materia seca y el contenido de manganeso en tejido aéreo, indica que el manganeso está asociado negativa y significativamente con la producción  $r = -0,54$ , lo cual indica que altas producciones se obtuvieron con bajo contenido de manganeso en el tejido aéreo.

TABLA 11 Contenido de Manganeso en ppm en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco en diferentes niveles de encalado en un suelo de Carimagua, (Llanos Orientales). Promedio de tres observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada Ton/Ha.							
	0	1.1	2.5	5.5	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	113 d	87 c	70. ef	53 f	277 bc	257 bc	230 c	118 c
Cocker 319	121 cd	98 de	77 ef	61 f	370 ab	268 bc	218 c	177 c
Cocker 254	99 de	100 d	86 c	52 f	200 c	258 bc	226 c	170 c
Speight G-6	119 cd	98 de	78 e	58 f	316 ab	293 bc	197 c	152 c
Speight G-31	177 a	87 e	85 e	55 f	372 ab	280 bc	256 bc	162 c
Speight G-10	108 d	73 ef	67 f	55 f	390 ab	223 c	217 c	166 c
Virginia 115	118 cd	78 e	73 ef	57 f	320 ab	220 c	239 d	172 c
North C. 1052	139 bc	75 ef	68 ef	49 f	433 a	205 c	230 c	163 c
North C. 1071	139 bc	80 e	75 ef	57 f	440 a	219 c	248 bc	142 c
North C. 2512	126 cd	81 e	83 e	55 f	429 a	244 bc	254 bc	160 c
Burley 21	168 ab	114 cd	84 e	57 f	255 bc	241 bc	163 c	131 c
Burley 49	172 a	94 e	97 e	61 f	269 bc	224 c	182 c	154 c
Ky 9	157 ab	103 d	92 e	83 e	310 ab	244 bc	212 c	166 c
Mc Nair 10	138 bc	81 e	64 f	55 f	365 ab	309 bc	175 c	154 c
Mc Nair 20	143 bc	107 d	67 f	56 f	340 ab	372 ab	182 c	130 c
Mc Nair 30	131 cd	93 e	65 f	49 f	344 ab	317 ab	190 c	165 c

Tratamientos comparables con la misma letra en común, no difiere estadísticamente al nivel del 5% de probabilidad.

De acuerdo a los datos de la Tabla 10, parece que el nivel crítico para el contenido de cobre en tejido aéreo puede estar entre 7 - 9 ppm

#### 4.2.8. Contenido de Hierro en Tejido Aéreo y Raíces.

Los máximos contenidos de hierro en la parte aérea para algunas variedades se absorbieron en niveles de 0 y 1 ton de Cal/Ha, datos que corresponden a las variedades Speight G-10, Speight G-31, North Carolina 2512 y Mc Nair 20 que produjeron altos rendimientos a estos mismos niveles de encalado.

La variación entre contenido de Hierro entre las aplicaciones de 2.5 y 5.5 ton de Cal/Ha., no ofrecen diferencias significativas.

El análisis de los datos del contenido de hierro en las raíces, indican que a altas cantidades de aluminio (Baja pH), el hierro se concentra dentro de las raíces posiblemente en forma de fosfatos, lo cual fue sugerido por Olsen (1935), impidiendo así su movilidad dentro de la planta.

La acumulación de hierro en las raíces se redujo al mínimo cuando se aplicaron 2.5 ton de Cal/Ha, valores estos que son significativamente iguales con los obtenidos con aplicaciones de 5.5 ton de Cal/Ha.

#### 4.2.9. Contenido de Aluminio en Tejido Aéreo.

Los datos de la Tabla 13 indican que en general todas las variedades tienden a acumular Aluminio en la parte aérea cuando no se aplicó Cal. También se observa que altas producciones de tejido en niveles altos de encalado (5.5 ton/Ha ), está asociado con bajos contenidos de

TABLA 12 Contenido de Hierro en ppm de tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco en diferentes niveles de encalado en un suelo de Carimagua (Llanos Orientales). Promedio de tres observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada Ton/Ha.							
	0	1.1	2.5	5.5	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	256 e	232 f	337 de	302	2675 abc	2197 cd	1537 g	790. g
Cocker 319	219 f	247 e	298 de	270 de	2175 bcd	2253 abcd	1445 g	922 g
Cocker 254	213 f	272 e	289 de	240 e	2269 abcd	1873 f	1634 f	834 g
Speight G-6	267 e	280 de	267 e	400 bcd	2751 abc	1700 f	1340 g	861 g
Speight G-31	458 ab	220 f	242 e	223	2625 abc	2040 df	1327 g	1033 g
Speight G-10	452 bc	477 ab	267 e	372 bcd	2141 bcd	1384 g	1400 g	1004 g
Virginia 115	245 e	241 e	286 de	318 de	2984 a	1922 ef	1408 g	1036 g
North C. 1052	215 f	255 e	434 bc	398 bcd	2435 abcd	1902 f	1535 g	903 g
North C. 1071	272 e	293 de	435 bc	327 de	2834 abc	1937 ef	1437 g	1134 g
North C. 2512	437 bc	242 e	375 bcd	376 bcd	2880 ab	2027 df	1273 g	935 g
Burley 21	434 bc	392 bcd	480 a	374 bcd	2510 abcd	2106 ed	1233 g	950 g
Burley 49	300 de	285 de	343 de	445 bc	2538 abc	1936 ef	1320 g	911 g
Ky 9	262 e	448 bc	452 bc	352 bcd	2459 abcd	2072 de	1346 g	1136 g
Mc Nair 10	478 ab	404 ab	407 bc	255 e	2556 abc	2132 cd	1125 g	997 g
Mc Nair 20	475 ab	454 ab	311 de	407 bc	2588 abc	1885 f	1531 g	1007 g
Mc Nair 30	471 ab	344 de	343 de	319 de	2383 abcd	2072 df	1331 g	1167 g

Resultados comparables con una letra en común, no difiere estadísticamente al nivel del 5%.

TABLA 13 Contenido de Aluminio en ppm en tejido aéreo y raíces de 16 variedades de tabaco en diferentes niveles de encalado, en un suelo de Carimagua (Llanos Orientales) Promedio de tres observaciones.

VARIETADES	Cal Aplicada Ton/Ha.							
	0	1.1	2.5	5.5	0	1.1	2.5	5.5
	Tejido Aéreo				Raíces			
Cocker 111	700 bc	687 bc	575 c	370 d	6.166 cd	3.208 hi	3.083 i	2.750 i
Cocker 319	595 c	800 cd	629 c	425 d	4.666 f	3.958 h	3.625 h	3.208 hi
Cocker 254	762 ab	683 bc	570 c	387 d	4.291 fg	3.208 hi	3.041 i	2.958 i
Speight G-6	754 ab	708 ab	600 c	325 d	4.083 i	4.291 fg	3.166 i	2.458 i
Speight G-31	804 ab	720 ab	554 c	329 d	6.208 cd	5.500 cd	3.125 i	3.000 i
Speight G-10	708 ab	662 c	595 c	304 d	6.666 ab	5.125 e	3.875 h	3.708 h
Virginia 115	829 ab	554 c	429 d	325 d	7.666 a	4.750 f	4.125 gh	3.375 hi
North C. 1052	741 ab	553 c	495 d	479 d	6.333 bc	4.166 gh	3.000 i	2.583 i
North C. 1071	870 ab	775 ab	629 c	445 d	7.458 ab	4.875 f	3.541 h	3.166 i
North C. 1512	762 ab	595 c	508 cd	420 d	5.741 cd	4.666 f	3.958 h	3.250 hi
Burley 21	875 ab	776 ab	558 d	437 d	5.833 cd	5.416 de	4.208 fg	3.500 h
Burley 49	804 a	750 ab	512 cd	437 d	7.500 a	5.958 cd	5.208 de	4.208 fg
Ky 9	691 a	658 c	650 c	429 d	5.208 de	5.583 cd	4.166 gh	3.375 hi
Mc Nair 10	895 a	787 ab	583 c	400 d	6.125 cd	4.750 f	4.125 gh	3.375 hi
Mc Nair 20	787 ab	591 c	554 c	503 cd	6.166 cd	5.708 cd	5.083 f	4.208 fg
Mc Nair 30	837 ab	591 c	500 cd	420 d	7.375 ab	5.416 cd	4.416 fg	3.075 i

Resultados comparables con una letra en común, no difieren estadísticamente al nivel del 5%.

aluminio, lo cual posiblemente esté relacionado con la tolerancia a la acidez del suelo (Otsuka, 1968).

Los datos del contenido de aluminio en la raíz, indican que el aluminio es concentrado en altas cantidades, pero su contenido disminuye al mínimo con aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha, a excepción de variedades que produjeron menos rendimientos.

El coeficiente de correlación para la producción de materia seca está asociado significativa y negativamente con valores de  $r = -0,57$  y  $r = -0,56$  para contenido de aluminio en la raíz y tejido aéreo, lo cual indica que aumentos en el contenido de aluminio en el tejido disminuye la producción de materia seca en las variedades de tabaco.

#### 4.2.10. Influencia del pH; Aluminio Extraído con KCl 1N y Aluminio Extraído con Mg Cl<sub>2</sub> 0,5N.

Los datos de la tabla 14 indican que el pH tuvo muy poca influencia sobre la producción de materia seca de las variedades, como puede observarse en las diferentes aplicaciones de Cal. Si embargo, las bajas producciones de las variedades Burley 21 y Ky 9 están influenciadas por los contenidos de aluminio presente en el suelo, lo cual sugiere que la producción depende de las cantidades de aluminio y no del pH.

El coeficiente de correlación para el contenido de materia seca y el aluminio extraído con KCl 1N fue negativo y significativo,  $r = -0,57$

### 4.3. EXTRACCION DE NUTRIMENTOS POR ALGUNAS VARIEDADES DE TABACO.

#### 4.3.1. Extracción de Fósforo.

TABLA 14 Producción de algunas variedades en g/pote de tejido aéreo, pH y aluminio, extraído con KCl 1N. Promedio de tres observaciones.

Variedades	Cal Aplicada Ton/Ha.											
	0			1.1			2.5			5.5		
	Prodc.	pH	Al	Prodc.	pH	Al	Prodc.	pH	Al	Produc.	pH	Al
Speight G-31	7.83	4.9	2.8	8.44	5.20	1.8	8.11	5.10	1.4	10.10	5.5	0.3
Speight G-6	7.70	4.9	2.9	7.54	5.20	1.8	7.79	5.10	1.3	9.22	5.6	0.3
Burley 21	4.21	4.8	3.1	5.06	5.1	1.9	5.22	5.0	1.6	6.69	5.5	0.4
Ky 9	5.11	4.8	3.0	6.39	5.1	2.0	5.92	5.10	1.6	6.97	5.6	0.5
North Carolina 2512	7.47	4.8	2.8	7.80	5.2	1.9	9.36	5.1	1.2	9.82	5.4	0.3
Mc Nair 20	7.11	4.9	2.7	6.75	5.2	1.8	9.17	5.0	1.3	9.88	5.4	0.3

TABLA 14 Producción de algunas variedades en g/pote de tejido aéreo, pH y aluminio, extraído con KCl 1N. Promedio de tres observaciones.

Variedades	Cal Aplicada Ton/Ha.											
	0			1.1			2.5			5.5		
	Prodc.	pH	Al	Prodc.	pH	Al	Prodc.	pH	Al	Produc.	pH	Al
Speight G-31	7.83	4.9	2.8	8.44	5.20	1.8	8.11	5.10	1.4	10.10	5.5	0.3
Speight G-6	7.70	4.9	2.9	7.54	5.20	1.8	7.79	5.10	1.3	9.22	5.6	0.3
Burley 21	4.21	4.8	3.1	5.06	5.1	1.9	5.22	5.0	1.6	6.69	5.5	0.4
Ky 9	5.11	4.8	3.0	6.39	5.1	2.0	5.92	5.10	1.6	6.97	5.6	0.5
North Carolina 2512	7.47	4.8	2.8	7.80	5.2	1.9	9.36	5.1	1.2	9.82	5.4	0.3
Mc Nair 20	7.11	4.9	2.7	6.75	5.2	1.8	9.17	5.0	1.3	9.88	5.4	0.3

En la Tabla 15 aparece la cantidad de Fósforo en miligramos extraídos por seis variedades de tabaco con aplicaciones de 0 y 5.5 Ton de Cal/Ha

TABLA 15 Extracción de Fósforo en miligramos por seis variedades de tabaco con aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha.

Variedades	Cal Aplicada ton/Ha.					
	0			5.5		
	T. Aérea	Raíz	Total	T. Aérea	Raíz	Total
Speight G-6	13	3	16	10	3	13
Speight G-31	10	3	13	13	3	16
Burley 21	8	3	11	11	4	15
Ky 9	8	3	11	14	4	18
North Carolina 2512	12	4	16	10	3	13
Mc Nair 20	12	4	16	13	3	16

El contenido de Fósforo en el tejido aéreo de las variedades que fueron más sensibles al aluminio (Burley 21 y Ky 9), fue menor que en las variedades que produjeron más a bajo nivel de encalado. También se observa que el contenido de fósforo en las raíces de todas las variedades cuando no se aplicó cal, es igual, lo cual sugiere que posiblemente no hubo problema de traslocación.

El contenido de fósforo total en las variedades sensibles al aluminio, fue menor que en las variedades resistentes. Esto indica que la tolerancia a la acidez del suelo por variedades de tabaco, está relacionada con la habilidad para extraer fósforo en presencia de altos contenidos de aluminio, como fue sugerido por Foy y colaboradores (1967a)

El contenido de Fósforo cuando se aplicaron 5.5 ton de Cal/Ha no sufrió variación dentro de las variedades, tanto para tejido aéreo como para las raíces,

#### 4.3.2. Extracción de Calcio.

TABLA 16 Extracción de Calcio en miligramos por seis variedades de tabaco con aplicación de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha.

Variedades	Cal Aplicada Ton/Ha.			
	0		5.5	
	T. Aéreo	Raíz	T. Aéreo	Raíz
Speight G-6	25.7	3.1	45.1	7.2
Speight G-31	32.8	2.9	55.2	5.7
Burley 21	21.8	3.2	36.1	8.1
Ky 9	24.5	3.4	36.2	6.6
North Carolina 2512	31.3	3.4	42.3	5.9
Mc Nair	29.9	3.6	49.5	5.7

En la Tabla 16 se puede observar que el contenido de Calcio en tejido aéreo y raíces se incrementa con adiciones de 5.5 ton de Cal/Ha y no hay acumulación en tejido de raíces. También se observa que el contenido de calcio en las variedades sensibles al aluminio es menor, lo cual indica que la tolerancia a la acidez del suelo de estas variedades de tabaco posiblemente esté relacionada con la habilidad para extraer calcio cuando el aluminio está presente en altas cantidades, como fue sugerido por Foy y Colaboradores (1969).

#### 4.3.3. Extracción de Magnesio.

En la Tabla 17 aparecen las cantidades de magnesio en miligramos extraídos por 6 variedades de tabaco en aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha.

TABLA 17 Extracción de Magnesio en miligramos por seis variedades de tabaco en aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha.

Variedades	Cal Aplicada Ton/ Ha.			
	0		5.5	
	T. Aéreo	Raíz	T. Aéreo	Raíz
Speight G-6	21.3	4.7	42.4	8.3
Speight G-31	23.4	4.5	37.3	7.9
Burley 21	15.5	2.5	34.1	11.1
Ky 9	13.2	2.7	30.6	13.7
Mc Nair 20	17.4	3.8	41.4	8.7

Los datos de la tabla 17 indican que el contenido de magnesio aumenta con el encalado.

También se observa que las variedades no acumulan magnesio en las raíces a bajo nivel de encalado. Sin embargo, un aumento de magnesio se observa en las variedades susceptibles al aluminio cuando se aplicaron 5.5 ton de Cal/Ha.

El contenido de magnesio en las variedades tolerantes a 1.35 m.e. de Al/100 g, es mayor que en las variedades susceptibles, lo cual indica que la tolerancia al aluminio está relacionada posiblemente con la habilidad para extraer magnesio cuando el aluminio está presente en altas concentraciones (Lee, 1971).

#### 4.3.4. Extracción de Potasio.

Las cantidades de potasio extraídas por algunas variedades de tabaco aparecen en la Tabla 18.

TABLA 18 Extracción de Potasio en miligramos por seis variedades de tabaco con aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha.

Variedades	Cal Aplicada Ton/Ha			
	0		5.5	
	T. Aéreo	Raíz	T. Aéreo	Raíz
Speight G-6	147.1	23.0	146	27.0
Speight G-31	93.2	20.0	135	22.0
Burley 21	79.8	16.3	115	27.0
Ky 9	79.7	15.6	134	32.0
North C. 1052	95.6	23.9	242	31.8
Mc Nair 20	92.6	18.1	142	32.2

Los datos de la tabla indican que el contenido de potasio se incrementa con aplicaciones de 5.5 ton de Cal/Ha, tanto en tejido aéreo como en raíces.

También se observa que el potasio extraído por las variedades susceptibles a la acidez sin aplicaciones de cal, es menor que el potasio extraído por las variedades resistentes, lo cual sugiere que las altas producciones de las variedades Speight con respecto a las variedades Burley, posiblemente está relacionada con la habilidad para extraer potasio de un medio ácido (Lee, 1971).

#### 4.3.5. Extracción de Zinc.

En la tabla 19 se observa que el contenido de zinc en tejido aéreo de las variedades susceptibles es menor que en las variedades resistentes a la acidez del suelo; sin embargo, cuando las variedades se desarrollaron en presencia de bajos contenidos de aluminio los contenidos de Zinc tienden a ser iguales.

TABLA 19 Contenido de Zinc en miligramos, extraídos por seis variedades de tabaco, con aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha.

Variedades	Cal Aplicada Ton/Ha			
	0		5.5	
	T. Aéreo	Raíz	T. Aéreo	Raíz
Speight G-6	0.171	0.055	0.092	0.053
Speight G-31	0.117	0.028	0.090	0.027
Burley 21	0.090	0.027	0.098	0.033
Ky 9	0.092	0.041	0.100	0.044
North C. 2512	0.126	0.051	0.117	0.044
Mc Nair 20	0.146	0.036	0.108	0.044

También puede observarse que el encalado no influye sobre la cantidad de Zinc de las raíces.

Además, en general en el tejido aéreo hay mayor cantidad de Zinc cuando no encala, que con aplicaciones de 5.5 ton de Cal/Ha, lo cual parece indicar una inhibición en la traslocación del Zinc debido posiblemente a "efecto fisiológico" del fósforo sobre el Zinc (Sharma y colaboradores, 1968).

Lo expuesto anteriormente sugiere que las variedades que toleran más aluminio, tienen la habilidad de extraer mayores cantidades de Zinc, cuando el aluminio está presente en altas cantidades.

#### 4.3.6. Extracción de Aluminio.

Los datos de la Tabla 20 contienen las cantidades de aluminio extraído por seis variedades de tabaco.

Se observa que la toma de aluminio disminuye con aplicaciones de Cal especialmente en las variedades tolerantes.

TABLA 20 Contenido de Aluminio en miligramos en seis variedades de tabaco con aplicaciones de 0 y 5.5 ton de Cal/Ha.

Variedades	Cal Aplicada Ton/Ha			
	0		5.5	
	T. Aéreo	Raíz	T. Aéreo	Raíz
Speight G-6	5.8	8.4	2.9	5.2
Speight G-31	6.2	10.9	3.3	5.9
Burley 21	3.6	9.8	2.9	7.9
Ky 9	3.5	8.9	2.9	8.3
North Carolina 1052	5.6	12.4	4.1	7.6
Mc Nair 20	5.4	11.7	4.9	8.7

También se observa que el aluminio tiende a acumularse en las raíces de las variedades susceptibles y que esta acumulación disminuye muy poco con el encalado, lo cual posiblemente interfiere en la toma de nutrimentos.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y en base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se deduce:

1. El suelo empleado en el presente trabajo es ácido, con contenido de Fósforo, Calcio, Magnesio, capacidad de intercambio catiónico y porcentaje de saturación de bases, bajo y alto contenido de aluminio intercambiable, con porcentajes de saturación de 27.6

2. Aplicaciones de 5.5 Ton/Ha de mezcla de  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$  en proporción de 3:1, reduce el contenido de aluminio que puede ser extraído con  $\text{KCl}$  1N a 0.30 m.e./100 g, e incrementa el pH a 5.5, en el cual algunas variedades de tabaco produjeron el máximo rendimiento de materia seca de tejido aéreo.

3. Las variedades en estudio pueden clasificarse en tres grupos a saber:

a) Variedades resistentes a 1.35 m.e. de Al/100 g, las cuales obtuvieron su máxima producción con aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha.

Dentro de este grupo están las variedades: North Carolina 2512, Mc Nair 20 y Speight G-10

b) Variedades que producen buenos rendimientos cuando no se aplica Cal, lo cual indica su resistencia a altos niveles de Aluminio intercambiable, pero la máxima producción de materia seca se obtuvo cuando el aluminio se redujo a 0.37 m.e./100 g, con la adición de 5.5 ton de Cal/Ha. En este grupo están las variedades: Speight G-31, Cocker 111, Virginia 115 y North Carolina 1052.

C) Variedades sensibles a 0.37 m.e. de Al/100g y a pH de 5.5.

En este grupo están las variedades Burley 21, Burley 49, Ky 9 y Cocker 319.

4. La tolerancia a la acidez del suelo de las variedades de tabaco bajo estudio, posiblemente esté relacionada con la habilidad para extraer Fósforo, Magnesio, Potasio y Zinc en presencia de altos contenidos de Aluminio.

5. La tolerancia a la acidez del suelo de las variedades de tabaco estudiadas, puede estar relacionada con la habilidad para utilizar Calcio cuando el Aluminio está presente en altas cantidades.

6. A altos contenidos de Aluminio en el suelo, el Hierro, Manganeso y Aluminio, se concentran en mayor proporción en las raíces.

7. La tolerancia a la acidez del suelo de las variedades de tabaco puede estar relacionada posiblemente con la acumulación de aluminio en el tejido. El coeficiente de correlación entre la producción de materia seca y el contenido de Aluminio, fue negativo y significativo con valores de  $r = -0.56$  y  $-0.57$  para el tejido aéreo y raíces respectivamente.

8. El estudio de correlaciones entre la producción de materia seca de tejido aéreo, el aluminio extraído del suelo con KCl 1N y pH del suelo, fueron significativos con valores de  $r = -0.56$  y  $0.60$  respectivamente.

9. El coeficiente de correlación entre el aluminio extraído del suelo con cloruro de Magnesio 0.5 N y la producción de tejido aéreo fue de  $r = -0.17$ , lo cual sugiere que no es un índice para evaluar tolerancia de variedades a la acidez del suelo.

## 6. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el C.N.I.A. de Tibaitatá (Mosquera) bajo condiciones de invernadero, con el objeto de determinar el comportamiento a la acidez del suelo de 16 variedades de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en un suelo de los Llanos Orientales, observar el efecto del encalado sobre la absorción de algunos nutrimentos y su grado de asociación con la tolerancia a la acidez del suelo. En el presente trabajo se utilizó un suelo de Carimagua clasificado como Caolinitico, Iso-hypertérmico Tipic Hapluctox, con bajo contenido de Fósforo, Calcio, Magnesio y Potasio, bajo porcentaje de saturación de bases, pH de 4.30 y con 3.37 m.e. Al/100 g extraído con KCl 1N.

La cantidad de Cal necesaria para neutralizar los diferentes porcentajes de Aluminio intercambiable, se determinó mediante el método de la incubación. Los porcentajes de Aluminio neutralizados fueron: 0; 30; 60 y 90, empleando mezcla de Carbonato de Calcio y Magnesio r.p en relación 3:1

Las plantas fueron sembradas en potes, los cuales contenían 1.8 kilos de suelo finemente molido.

La fertilización se hizo en el momento del trasplante con 80, 300 y 200 kilos/Ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente, suministrados en solución, usando como fuentes urea y fosfato ácido de potasio.

Las plantas fueron cultivadas 66 días después del trasplante y separadas en raíz, tallo y hojas; el material fue secado a 70°C por 36 horas a peso constante

Al material seco se le determinó peso y luego se molió finamente separando parte aérea y raíces para análisis de los siguientes nutrientes: Fósforo, Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeso, Aluminio, Cobre y Zinc.

Mediante el análisis de varianza se determinó la influencia de las variedades y niveles de encalado sobre las variables independientes y el grado de interacción de niveles por variedades.

La diferencia entre los tratamientos fue determinada mediante pruebas múltiples de Duncan.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la aplicación de 5.5 ton de Cal/Ha, reduce el Aluminio intercambiable a 0.37 m.e./100 g. Esta aplicación de Cal eleva el pH del suelo a 5.45, en el cual las variedades no mostraron efectos tóxicos causados por el Aluminio y la mayoría de las variedades produjeron el máximo rendimiento de materia seca de tejido aéreo.

Las variedades en estudio pueden clasificarse en tres grupos a saber:

- a) Variedades resistentes a 1.35 m.e. de Al/100 g, las cuales obtuvieron su máxima producción con aplicaciones de 2.5 ton de Cal/Ha. A este grupo pertenecen las variedades : North Carolina 2512, Mc Nair 20 y Speight G-10
- b) Variedades que produjeron altos rendimientos cuando no se aplicó Cal, pero la máxima producción de tejido aéreo se obtuvo cuando el aluminio intercambiable se redujo a 0,37 m.e./100 g, con aplicaciones

de 5.5 ton de Cal/Ha. Dentro de este grupo están las variedades : Speight G-31, Cocker 111, Virginia 115 y North Carolina 1052.

c) Variedades sensibles a 0.37 m.e. de Al/100 g y a  $p^H$  de 5.5. En este grupo están: Burley 21, Burley 49, Ky 9 y Cocker 319.

La tolerancia a la acidez del suelo de las variedades de tabaco bajo estudio, posiblemente esté relacionado con la habilidad para extraer Fósforo, Magnesio, Potasio y Zinc y utilizar el Calcio en presencia de altas cantidades de aluminio.

Cuando el aluminio está presente en altas cantidades en el suelo, el Hierro, Manganeso y Aluminio se concentran en mayor proporción en las raíces.

El coeficiente de correlación entre la producción de materia seca y el contenido de aluminio del tejido, fue negativo y significativo con valores de  $r = -0.56$  y  $-0.57$  para el tejido aéreo y raíces respectivamente.

Las correlaciones entre el aluminio extraído del suelo con KCl 1N y el  $p^H$  del suelo, con la producción de materia seca de tejido aéreo fueron significativas, con valores de  $r = -0.56$  y  $0.60$  respectivamente.

El aluminio del suelo extraído con Cloruro de Magnesio 0.5 N, no correlaciona con la producción de materia seca de tejido aéreo ( $r = 0.17$ ), lo cual sugiere que no es un índice para evaluar tolerancia de variedades de tabaco a la acidez del suelo.

## S U M M A R Y

This research was developed at the C.N.I.A. Tibaitatá (Cundinamarca, Colombia), under greenhouse conditions.

The objective of this study was to evaluate the behavior of 16 varieties of tobacco (*Nicotiana Tabacum* L.) to soil acidity conditions in a soil of the "Llanos Orientales". The effect of liming in the plant nutrient absorption and the relative tolerance of the different varieties to the soil acidity conditions was evaluated.

A soil from "Carimagua" was used classified as a Caolinitic, Isohipertermic típico Haplustox, with a low content of phosphorus, calcium, magnesium and potassium, low C.E.C,  $p^H$  of 4.3 and with 3.37 m.e. Al/100 g. extracted with KCl 1N.

An incubation procedure was used to determine the amounts of lime necessary to neutralize the exchangeable Aluminum. The percentages of Al neutralized were: 0.30, 60 and 90, using  $CaCO_3$  and  $MgCO_3$  in a 3: 1 ratio.

The tobacco species were planted in clay pots containing 1.8 Kilograms of air dry soil passed through a 2 mm sieve.

The fertilization was applied in solution at the transplanting time at the rates of 80, 300 and 200 Kilograms/Ha of N,  $P_2O_5$  and  $K_2O$ , using urea and potassium phosphate respectively.

The plants were harvested 66 days after transplanting time and separated in roots, stems and leaves, and dried at 70°C.

Phosphorus, calcium, magnesium, iron, manganese, aluminum, copper and zinc were determined for the root and aerial part of the plant.

According to the results obtained, application of 5.5 ton of lime/Ha, reduced the exchangeable aluminum to 0.37 m.e./100g, and

increased the soil  $p^H$  most of the varieties produced the maximum yield and no aluminum toxicity was observed.

The varieties under inves investigation can be classified in 3 groups:

- a- Those resistant to 1.35 m.e of Al/100 g. of soil, and with maximum production under lime applications of 2.5 Ton/Ha, i.e. North Carolina 2512, Mc Nair 20 and Speight G 10.
- b- Those producing high yield withouth lime applications, but the maximum yield was obtaines when thy exchangeable Al was reduced to 0.37 m.e. Al/100 g. I.e. Speight G 31, Cocker 111, Virginia 115 and North Carolina 1052.
- c- Those sensible to 0.37 m.e. of Al/100g and  $p^H$  5.5, i.e. Burloy 21, Burloy 49, Ky 9 and Cocker 319.

The toleranco to soil acidity oxihibited by the tobacco varieties under study was apparently related to their ability for extracting phosphorus, magnesium, potasium and zinc and for utilizing calcium under high Al levels. Under high levels of Al in the soil, most of the Fe, Mn, and Al was concentrated the roots.

A negative significant correlation coefficient was found among dry mather production and plant Al content, with r values of - 0.56 and -0.57 for the aerial part roots respectively.

The dry matter production of the aerial part of the plant, corre-  
lated significatively with both the Al of the soil (KCl 1N) and the soil  $p^H$ , with r values of -0.56 and -0.60 respectively.

The soil Al extracted with  $MgCl_2$  0.5N did not correlated with the dry matter production of the aerial part of the plant (  $r = 0.17$ ). This result suggests that this procedure was not appropriate for evaluating the Al tolerance of the tobacco varieties.

## BIBLIOGRAFIA

1. ADRIANO, D. C.; G. M. PAULSEN and L. S. MURPHY. 1971. Phosphorus iron and phosphorus - zinc relationships in corn (*Zea Mays* L.) seedlings as affected by mineral nutrition. *Agron. J.* 63:36-39
2. AKEHURT, B. C. 1968. *Tabacco*. London, Longmans. 551 p. (Tropical Agriculture Series)
3. BINGHAM, F. T. and M. J. GARBER. 1960. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24:209-213
4. BOAWN, L. C.; F. G. VIETS, Jr and C.L. CRAWFORD. 1957. Plant utilization of zinc from various types of zinc compounds and fertilizer materials. *Soil Sci.* 63:219-227
5. BOTNER, C. E. 1935. Toxicity of manganese to turkish tobacco in acid kentuky soil. *Soil Sci.* 39:15-33
6. BRAY, R. H. and L. T. KURTZ. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil *Soil Sci.* 59:39-45
7. BROSSET, C.; C. BIEDERMANN and L. G. SILLEN. 1954. Studies on the hydrolysis of metal ions: XI. The Aluminium ion,  $Al^{+3}$ . *Acta chem. Scand.* 8:1917-1926
8. BRUÑA, R. F. et al. 1970. Crop response to soil acidity factor

- in ultisols and oxisols. I. Tobacco. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:629-635
9. CHENERY, E. M. 1948. Thioglycollic acid as an inhibitor for iron in the colorimetric determination of aluminium by means "Aluminon". Analyst, 73:501-502
  10. \_\_\_\_\_. 1955. A preliminary study of aluminium and the tea bush. Plant Soil 6:174-200
  11. CHERNOV, V. A. 1964. The nature of soil acidity. Madison., Soil Sci. Soc. Amer. 179 p.
  12. CLARCKSON, D. T. 1965. Aluminium tolerance in species within the genus. Agrostis. J. Ecol. 54:167-178
  13. \_\_\_\_\_. 1966. Effect of aluminium on the up take and metabolism of phosphorus by barley seedlings. Plant. Physiol. 41:165-172
  14. \_\_\_\_\_. 1967. Interaction between Aluminium and phosphorus on root surfaces and cell wall material. Plant and soil 37:347-356
  15. COLEMAN, N. T.; S. B. WEED and R. J. McCRACKEN. 1959. Cation exchange capacity and exchangeable cation in piedmont soils of North Carolina. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23:146-149
  16. \_\_\_\_\_. E. J. KAMPRATH and S. B. WEED. 1959. Liming. Advance. Agron. 10:475-522

17. COLEMAN, N. T. et al. 1964. Salt exchangeable and titratable acidity in bentonite - sesquioxide mixtures. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:35-37
18. COLWEL, W. E. and N. C. BRADY. 1945. The effect to calcium on yield and quality of large - seeded type peanut. J. Amer. Soc. Agron. 37: 413-428
19. FOY, C. D. and J. C. BROWN. 1963. Toxic factors in acid soil: I. Characterization of aluminum toxicity in cotton: Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:403-407
20. \_\_\_\_\_. 1964. Toxic factors in acid soil of the southeastern United States as related to the response of alfalfa to lime. USDA Prod. Res. Rpt. 80. 26 p.
21. \_\_\_\_\_. and J. C. BROWN. 1964. Factors in acid soils. II. Differential aluminium tolerance of plant species. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:27-33
22. \_\_\_\_\_. et al. 1965a Differential Al. tolerance of two wheat varieties associated with plant - induced pH charges around their roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29:64-67
23. \_\_\_\_\_. 1965b Differential aluminium tolerance of wheat and barley varieties in acid soil. Agron. J. 57:413-417
24. \_\_\_\_\_. 1967a Characterization of differential aluminium tolerance among varieties of wheat and barley. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31:513-521

25. FOY, C. D. et al. 1967b Differential tolerance of cotton varieties to an acid soil high in exchangeable aluminium. Agron. J. 53:415-417
26. \_\_\_\_\_. A. L. FLEMING and W. H. ARMIGER. 1969. Aluminium tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. Agron. J. 61:505-511
27. GREENWOOD, E. A. N. and E. G. HALLSWORTH. 1960. Studies of the nutrition of forage legumes. II. Some interaction of calcium, Phosphorus, copper and Molybdenum on the growth and chemical composition of trifolium subterranean L. Plant and Soil. 12:97-127
28. GUERRERO, M. R. 1971. Soil of Colombian Llanos Orientales, composition and classification of selected. Soil profiles. Thesis Ph. D., North Carolina State University. 78 p.
29. GUPTA, U. C. 1971. Effects of manganese and lime on yield and on the concentration of manganese, Molybdenum, Boron, Copper and iron in the root stage tissue of Barley. Soil Sci. 144:131-136
30. HARTWELL, R. L. and J. R. PEMBER. 1918. The presence of aluminium as a reason for the deference of so-called acid soil on barley an Rye. Soil Sci. 6:269-279
31. HARWARD, M. E. and N. T. COLEMAN. 1954. Some properties of H- and Al- clays and exchange resins. Soil Sci. 79:181-188

32. HARWARD, M. E. et, al. 1955. Effects of Al, Fe, and Mn upon the growth and composition of lettuce. Amer. Soc. Hort. Sci., Proc. 66:261-266
33. HARWARD, D. D. and F. ADAMS. 1965. Calcium requirement for penetration of subsoils by primary cotton root. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29:558-562
34. HELLING, C. S.; G. CHESTERS and R. B. COREY. 1964. Contributions of organic matter and clay to soil cation - exchange capacity as affected by the pH of the saturating solution. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:517-520
35. HIATT, A. J. and J. L. RAGLAND. 1963. Manganese toxicity of burley Tobacco. Agron. J. 15:119-159
36. \_\_\_\_\_, D. F. AMOS and H. F. MASSEY. 1963. Effect of aluminium on copper sorption by wheat. Agron. J. 55:284-287
37. HOU, P. H. and T. F. BATES. 1964. Fixation of hydroxy-Aluminum polymers by vermiculite. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:763-769
38. HUCHINSON, F. E. and A. S. HUNTER. 1970. Exchangeable aluminium levels in two soils as related to lime treatment and Growth of six crops species. Agron. J. 62:702-704
39. HUMPHRIES, E. R. and R. TRUMAN. 1964. Aluminium and phosphorus requirements of pinus radiata. Plant soil 20:131-134

40. INSTITUTO NACIONAL DE FOMENTO TABACALERO. 1966. Informe anual de labores. Bogotá. 50 p. (mimeografiado).
41. JACKSON, M. L. 1958. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, Prentice - Hall. 496 p.
42. \_\_\_\_\_. 1963. Aluminum bonding in soils: A uniting principle in soil science. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27:1-10
43. KAMPRATH, E. J. 1967. Soil acidity and response to liming. North Carolina State Univ. 17 p. (Tech. Bull. Nº4)
44. KERRIDGE, P. E.; M. D. DAWSON and D. P. MOORE. 1971. Separation of degrees of Aluminum tolerance in wheat. Agron. J. 63: 586-590
45. KIRSCH, R. K.; M. E. HARWARD and R. G. PETERSON. 1960. Inter-relationships among, iron, manganese and molybdenum in the growth and nutrition of tomato grown in culture solution. Plant soil. 12:259-275
46. LEE, C. R.; G. R. CRODDOCK and H. E. HAMMAR. 1969. Factors affecting plant growth in high- zinc, molibdenum. I. Influence of iron on growth of flax at varians zinc levels. Agron. J. 61:562-565
47. \_\_\_\_\_. 1971. Influence of aluminum on plant growth and tuber yield of potatoes. Agron. J. 63:363-365
48. \_\_\_\_\_. 1972. Influence of aluminum on plant growth and mineral nutrition of potatoes. Agron. J. 63:604-607

49. LEON, L. A. 1964. Estudios químicos y mineralógicos de diez suelos colombianos. Agr. Trop. (Colombia) 20:442-451
50. \_\_\_\_\_. 1971. Teorías modernas sobre la naturaleza de la acidez del suelo. I. Los iones intercambiables en suelos ácidos. In: Acidez y enclamiento en el trópico. Primer coloquio de suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Vol. 1. Bogotá, ICA. 307 p.
51. LIEBING, G. F., Jr.; A. P. VANSELOW and H. D. CHAPMAN. 1942. Effect of aluminum on copper toxicity as revealed by solution culture and spectrographis studies of citrus. Soil Sci. 53:341-351.
52. LIN, CLARA and N. T. COLEMAN. 1960. The measurement of exchangeable aluminum in soil an clays. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24:444-446
53. LORA, S. R.; E. OSPINA y H. ZANDSIRA. 1973. Determinación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en muestras vegetales usando una sola digestión. Rev. ICA (Colombia) 7(3):245-259
54. LOW, P. F. 1955. The role of aluminum in the titration of bentonite. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19:135-139
55. MAGISTAD, O. A. 1925. The aluminum content of the soil solution and its relation to soil reaction and plant growth. Soil Sci. 20:181-226

56. MASSEY, H. F. 1971. pH and soluble Cu, Ni and Zn in eastern Kentucky coal mine spoil materials. *Soil Sci.* 144:217-221
57. MEHLICH, A. 1943. The significance of percentage bases saturation and pH in relation to soil differences. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 7:167-174
58. MILLIKAN, C. R. 1949. Effects and flux of a toxic concentration of boron, iron, molybdenum, aluminum, copper, zinc, manganese, cobalt, or nickel in the nutrient solution. *Proc. Roy. Soc. Victoria (N. S. Wales)* 61:25-47
59. MURRMANN, R. P. and M. PEECH. 1969. Effect of pH on labile and soluble phosphato in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33: 205-210
60. NJOKU, E. 1970. The effect of mineral nutrition and temperature on leaf shape in *Ipomea caerulea*. *New Phytologist* 56:154-171
61. NOGGLE, J. C.; C. T. de WIT and A. L. FLEMING. 1964. Interrelation of calcium and rubium absorption by excised root of burley and plantain. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28:97-100
62. NORVELL, W. A. and W. L. LINDSAY. 1969. Reactions of EDTPA complexes of Fe, Zn, Mn and Cu with soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33:86-91
63. OERTEL, A. C. 1961. Relation between trace-elements concentration in soil and parent material. *J. Soil Sci.* 12:119-128

64. PEARSON, R. W. 1958. Liming and fertilizer efficiency. *Agron. J.* 50:356-362
65. PEREZ ARBELAEZ, E. 1956. *Plantas Utiles de Colombia*. Madrid, Rivadeneyra 831 p.
66. POPE, D. T. and H. M. MUNGER. 1953. Heredity and nutrition in relation to magnesium deficiency chlorosis in cereals. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 61:472-480
67. PRATT, P. F. and F. L. BAILE. 1962. Cation - exchange properties of some acid soils of California. *Hilgardia* 33:689-706
68. RAGLAND, J. L. and N. T. COLEMAN. 1960. The hydrolysis of aluminum salts in clay and soil systems. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24:457-460
69. RANDALL, P. J. and P. B. VOSE. 1963. Effect of aluminum on uptake and translocation of phosphorus<sup>32</sup> by perennial ryegrass. *Plant Physiol.* 38:403-409
70. REES, W. J. and G. H. SIDRAK. 1961. Inter-relationship of aluminum and manganese toxicities toward plants. *Plant Soil* 14:101-117
71. RICH, C. I. 1960. Aluminum in interlayers of vermiculite. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24:26-32
72. RIOS, M. A. and R. W. PEARSON. 1964. The effect of some chemical environmental factors on cotton root behavior. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28:232-235

73. ROBERSON, W. K.; J. R. NELLER and F. D. BARTLETT. 1954. Effect of lime on the available of phosphorus in soil of high to low sesquioxides content. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18: 184-187
74. SCHALCHEA, E. B.; P. E. PRATT and C. M. GONZALEZ. 1972. Reactive aluminum estimated from the formation of mangasium aluminum double hydroxide. 38 p. (mimeografiado)
75. SCHOFIELD, R. K. and A. W. TAYLOR. 1954. The hydrolysis of aluminum salt solutions. *J. Chem. Soc.* 18:4445-4448
76. SELTMANN, H. 1963. Studies with flue-cured seedling during the first three weeks of growth tobacco. *Science.* 7:37-40
77. SHARMA, K. C. et, al. 1968. Interrrelktion of Zn and P in top and root of corn and tomato. *Agron. J.* 60:453-456
78. SHOOP, N. T. et, al. 1961. Diferential responses of grasses and legumes to himing and phosphorus fertilization. *Agron. J.* 53:111-115
79. SINGH, R. N. and L. F. SEATZ. 1961. Alfalfa yield and composition after different time and tates of lime and phosphorus application. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25:307-309
80. SNAYDON, R. W. and A. D. BRADSHAW. 1961. Diferential responcees to calcium within the species festuca ovina L. *New. Phytol.* 50:219-234
81. SPAIN, J. M. 1971. Acidez y encalamiento en el trópico. In: primer coloquio de suelos 1972. Palmira, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. pp.206-209

82. THOMPSON, L. M. 1962. El Suelo y su Fertilidad. Barcelona, Reverté. 407 p.
83. TOBON, J. H. y L. A. LEON. 1970. Comparación de varios métodos para determinar requerimientos de cal en algunos suelos de Colombia. Rev. ICA. (Colombia) 5(3) 307-326
84. TROUG, E. 1947. The liming of soil. Science Farming, US Dep. Agr. Yearbook. pp. 566-576
85. VOSE, P. B. and RANDALL P. J. 1962. Resistance to aluminum and manganese toxicity in plant related to variety and cation exchange capacity. Nature. 196:85-89
86. WALKER, R. B.; H. M. WALKER and P. R. ASHWORTH. 1955. Calcium Manganese nutrition with special reference to serpentine soil. Plant Physiol. 30:214-221
87. WRIGHT, K. E. and B. A. DONAHUE. 1953. Aluminum toxicity studies with radioactive phosphorus. Plant Physiol. 28:676-680
88. YOUNTS, S. E. and J. G. FISKELL. 1963. Copper status and needs in the southern region. Plant food, Rev. 9(1):108