

# revista



15 MAR. 1979  
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO

PUBLICACION CIENTIFICA DEL INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO



VOLUMEN XIII NUMERO 1 MARZO 1978

3576

RECIPIENT  
OCT 30 1979  
Por 1178

RCOAB2 13(1) 1 218 (1978)

CONTENIDO

REVISTA ICA  
VOL 13 NOS 1-2  
VOLS

HB  
AÑO 1978  
1 ZUL

- 1 - Fertilizacion del maiz (*Zea mays* L.) en suelos de vega de los Llanos Orientales Luis F. Sanchez S. y Eric J. Owen B
  - 11 - Fertilizacion del maiz (*Zea mays* L.) en suelos volcanicos de Nariño Colombia Rodrigo Muñoz A. y Agathon Wieczorek P
  - 21 - Caracterizacion de genotipos de maiz. Acumulacion de materia seca y determinacion del indice de cosecha en maices adaptados a las zonas frias moderadas de Antioquia Carlos Diaz A. y Antonio Rivera G
  - 33 - Evaluacion de caracteres agronomicos en 48 variedades de algodón Gladys Vallejo de Cardona y Climaco Cassalet D
  - 41 - Sintomas de algunas deficiencias minerales en fresa Juan Jaramillo V
  - 49 - Contenido de copra y de aceite de algunas variedades de cocotero (*Cocos nucifera* L.) cultivada en Colombia Hugo Chamorro D. y Alberto Sanchez P
  - 59 - Efecto del encalado en la fijacion de fosforo por diez andosoles colombianos Fernando Munevar
  - 69 - Factores que afectan la germinacion y el vigor de la semilla de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) Victoria Mejia P., Carlos Romero M. y Jaime Lotero C
  - 77 - Respuesta del pasto puntero (*Hyparrhemia rufa* (Nees) Stapf) a la fertilizacion en la region del Nus Sigifredo Monsalve, Alberto Ramirez, Javier Bernal, Jaime Lotero y Fernando Velez
  - 83 - Efecto de la aplicacion de boro, cobalto, cobre y molibdeno sobre la fijacion de nitrogeno del trebol blanco (*Trifolium repens* L.) Sigifredo Monsalve y Jaime Lotero
  - 91 - Constituyentes de la pared celular y digestibilidad del pasto braquiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf) en dos estados de desarrollo Carlos Gavilanes G., Enrique Alarcon M. y Pablo Mendoza M
  - 99 - Comportamiento productivo del ganado Holstein en tres zonas colombianas Jose I. Ramos D
  - 107 - Procedimiento para congelar y descongelar semen porcino Hector Obando C., Alfredo Serrano O. y Martha Aguirre M
  - 113 - Intoxicacion en bovinos por nitratos acumulados en pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) Victor H. Guzman, Gustavo A. Morales y Ricardo Ochoa
  - 119 - Síndrome caída del ganado. Contribucion a su estudio Enrique Trheebilcock P., Fernando Villafaña A. y Arturo Gil P
  - 127 - Transmision prenatal del *Trypanosoma vivax* de bovinos en Colombia Antonio Betancourt E
  - 131 - Transmision de *Anaplasma marginale* por garrapata *Boophilus microplus* Kenneth C. Thompson y Julio C. Roa
  - 135 - Estudio de la inmunofluorescencia del virus de la Encefalomieltis Equina Venezolana en animales infectados experimentalmente Jaime Payan M. y Garry Adams
  - 141 - Aireador de baja potencia para embalses Jorge E. Quintero y J.E. Garton
  - 151 - Efecto de los drenes topo en lixiviacion de sales en suelos pesados Antonio Forero S. y Komain Unhanand
  - 159 - Efecto del ajuste, velocidad y diametro de mazas en la extraccion en molino panelero Hugo R. Garcia, Fernando Moreno Ulpiano Leon, Luis E. Porras y Alvaro Mendoza
  - 171 - Tecnicas de mecanizacion mejoradas para la produccion de cereales menores en ladera. Luis A. Restrepo H. y Lauriano Guerrero J
  - 181 - Fuentes de produccion y productividad en la agricultura colombiana Ramiro Orozco
  - 191 - Evaluacion de la campana divulgativa y educativa contra la roya del cafe en los territorios nacionales y la Costa Atlantica Yilton G. Muñoz M. y Luis H. Fierro G
  - 199 - Adopcion de tecnologia en el cultivo de la papa por agricultores en el area de influencia de la Agencia de Desarrollo Rural de Pamplona Fernando Barajas C. y Carlos Cortes B
- SECCION TECNICA
- 205 - Linfosarcoma (Leucemia) Bovina Fernando Lozano A., Carlos Montenegro R., Guillermo Gonzalez E. y Elvira Luque F
  - 215 - Cica 8 variedad de arroz para siembras de secano en el Meta Dario Leal, Ernesto Andrade y Carlos Franco

DIVISION DE COMUNICACION  
BOGOTÁ DE COLOMBIA



## RESPUESTA DE CINCO HIBRIDOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) A TOXICIDAD CAUSADA POR ALUMINIO EN SOLUCION NUTRITIVA Y EN UN OXISOL DE LOS LLANOS ORIENTALES\*

Aivaró García O  
Alfredo León S \*

### 1 INTRODUCCION

Muchas zonas del país ecológicamente apropiadas para el cultivo del cacao presentan condiciones de acidez y concentraciones de Al intercambiable que pueden llegar a ser tóxicas para la planta. Dicha característica puede modificarse con aplicaciones de enmiendas y fertilizantes. Sin embargo, en algunas de estas zonas los costos de fertilizantes y cal puestos en la finca son excesivamente altos cuando no es absolutamente imposible su uso por carencia de vías de comunicación. Uno de los métodos más satisfactorios para obviar estas dificultades consiste en la selección de variedades que presenten características de tolerancia diferencial a la acidez del suelo.

Para evaluar el comportamiento de cinco híbridos de cacao con respecto a la acidez causada por Al en soluciones nutritivas y para medir en un Oxisol de los Llanos Orientales la influencia de diferentes dosis de cal sobre el Al intercambiable y la de este sobre la absorción de nutrientes y el comportamiento de los mismos híbridos se adelantó un estudio de invernadero durante quince meses en el Centro Experimental Palmira.

### 2 REVISION DE LITERATURA

Los síntomas comunes de toxicidad de Al descritos en la literatura se refieren principalmente a un

desarrollo deficiente de la parte aérea y a un crecimiento reducido del sistema radicular en concordancia con la inhibición de la división celular (Clarkson 1966) la cual según Bollard y Butler (1956) es debida a que el Al limita la toma de Fe privando al núcleo del Fe necesario para la división celular.

El Al tiene una fuerte tendencia a reaccionar químicamente con el P bajo casi todas las condiciones en suelos en soluciones nutritivas o en plantas siendo su principal efecto el disturbio en la asimilación del P (Foy y Brown 1964). Clarkson (1966) anota que el tratamiento con Al a las raíces disminuye la incorporación de P inorgánico al RNA. También existe una tendencia de efecto antagónico sobre el Ca disminuyendo su absorción (Johnson y Jackson 1964) y dando origen a deficiencias de él. En forma análoga se ha reportado una interacción de Al con Mn, Fe y Zn (Paterson 1965) y con Ca, Mg, K, P (Lance 1968).

A través de los años se han reconocido diferencias notables entre especies de plantas en cuanto a tolerancia al Al. Algunos autores han atribuido la tolerancia diferencial a la capacidad interna complejante (Clarkson 1966). Foy *et al.* (1967) a una absorción diferencial debida a cambios de pH en la zona de la raíz y posteriormente Foy *et al.* (1972) a una rápida absorción de Ca y mayor acumulación en el núcleo y la mitocondria.

\* Contribución del Programa para Graduados ICA UN y la División de Agronomía del ICA. Adaptación y resumen de la tesis de grado presentada por el autor principal a dicho programa como requisito parcial para optar al título de Magister Scientiae.

\* Respectivamente Ingeniero Agrónomo Programa de Suelos del Centro Experimental Palmira Apartado Aéreo 233 Palmira. Ingeniero Químico Ph.D. Programa Producción Ganado de Carne Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Apartado Aéreo 6713 Palmira.

### 3 MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 EXPERIMENTO No 1

Evaluación de cinco híbridos de cacao para determinar tolerancia o susceptibilidad a toxicidad causada por Al en solución nutritiva

Para este estudio se utilizó la técnica de Hoagland descrita por Hewitt (1966). El pH de la solución trató de ajustarse permanentemente a 4.1 utilizando HCl 1 N, para evitar la precipitación del Al que fue adicionado en solución de sulfato de Al. Con base en los resultados obtenidos en un ensayo preliminar y en la información proporcionada por Santana *et al.* (1973) se usaron las dosis de 0 y 48 ppm de Al en solución, en un diseño experimental correspondiente a parcelas divididas con cinco repeticiones.

Las semillas se hicieron germinar en arena y las plantulas se trasplantaron a los 30 días de edad cuando tenían su primer par de hojas abiertas a frascos de color ámbar con capacidad para un (1) litro de solución revestidos externamente con papel de Al para evitar el crecimiento de algas donde permanecieron durante 40 días luego de los cuales se cosecharon y separaron en raíz y parte aérea y se secaron en estufa a 70°C por 36 horas.

El material experimental se escogió con base en los resultados de un ensayo preliminar en el cual se probaron 9 híbridos y el cultivar Catongo empleado por Santana *et al.* (1973) en estudios de este tipo. No se obtuvieron diferencias entre el Catongo y los siguientes híbridos usados en el presente estudio: ICS 6 x SCA 6, IMC 67 x SCA 6, ICS 60 x SCA 12, TSA 654 x ICS 6 y TSA 644 x ICS 6.

#### 3.2 RESPUESTA DE CINCO HÍBRIDOS DE CACAO A NIVELES DE ENCALADO EN UN OXISOL DE CARIMAGUA LLANOS ORIENTALES

Se sembraron semillas de los 5 híbridos usados en el ensayo anterior en un suelo de Carimagua con alto contenido de Al intercambiable. Para neutralizar el Al se usó cal dolomítica en dosis de 0, 0.6, 3.0 y 6.0 ton/ha en un diseño experimental completamente al azar con 8 repeticiones. El análisis de la cal dolomítica dio como resultado una composición de 3.98% de SiO<sub>2</sub>, 24.5% de Ca y 10.3% de Mg.

Se llenaron potes con 2.0 kg de suelo. El material de encalado se adicionó de acuerdo al tratamiento respectivo manteniéndolo en incubación con humedad equivalente a 2/3 de la capacidad de campo aproximadamente durante 30 días al término de los cuales se sembraron dos semillas por materia

El suelo se fertilizó con 100, 50 y 50 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente, suministrados en solución a los 40 días después de la siembra y empleando como fuentes la urea, el superfosfato triple y el cloruro de potasio. A los 150 días después de la siembra se cosecharon las plantas, se separaron en raíz y parte aérea, y se secaron en estufa a 70°C por 36 horas.

#### 3.3 ANALISIS DE SUELO

Las muestras se analizaron para obtener información sobre pH, materia orgánica, Al, Ca, Mg y K intercambiables y P utilizando los métodos descritos por Ortiz y Ramírez (1974).

#### 3.4 ANALISIS DE TEJIDO

Al material seco se le determinó el peso y luego se molio finamente. La determinación de P, Ca y Mg se hizo mediante el método descrito por Lora *et al.* (1973). El Al total se determinó siguiendo el método del aluminio descrito por Cheney (1948).

#### 3.5 PROCEDIMIENTO ESTADISTICO

Como variables independientes se tomaron los híbridos y las dosis de cal dolomítica y como variables dependientes la longitud de parte aérea y raíces, la materia seca de parte aérea y raíces, el número de hojas y los contenidos de P, Ca, Mg y Al en tejido aéreo y raíz. Mediante el análisis de varianza, se determinó la influencia de híbridos y dosis de encalado sobre las variables dependientes y la interacción de niveles por variedades en el contenido de nutrimentos en los tejidos. Las diferencias entre niveles y variedades se establecieron mediante las Amplitudes Límites de Significación de Duncan.

### 4 RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1 EXPERIMENTO No 1

##### 4.1.1 Producción de materia seca

La producción de materia seca de la parte aérea fue bastante restringida en el tratamiento con alto Al en comparación con la producción cuando no se lo aplicó, lo cual indica que todos los híbridos fueron afectados en mayor o menor grado por dicho tratamiento (Tabla 1). En general hubo una reducción notoria de la materia seca en las raíces tratadas con Al, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Santana *et al.* (1973).

**TABLA 1** Incremento en longitud y materia seca de partes aéreas y raíces de plantulas de cinco híbridos de cacao crecidas en solución nutritiva de Hoagland con dos dosis de aluminio

Tratamiento	Híbrido	Parte Aérea			Raíces	
		Incremento en Longitud (cm)*	Materia seca(g)	Incremento en longitud (cm)*	Materia seca (g)	
<b>0 ppm Al</b>						
ICS 6	X SCA 6	6 535 a	1 168 ab	10 710 a	0 272 ab	
IMC 67	X SCA 6	6 045 a	0 860 cd	13 380 a	0 214 bc	
ICS 60	X SCA 12	6 965 a	1 254 a	11 901 a	0 300 a	
TSA 654	X ICS 6	6 080 a	0 909 c	11 140 a	0 262 ab	
TSA 644	X ICS 6	6 790 a	1 093 b	16 815 a	0 263 ab	
<b>48 ppm Al</b>						
ICS 6	X SCA 6	2 505 bc	0 723 e	1 455 d	0 197 cd	
IMC 67	X SCA 6	1 500 c	0 422 g	2 180 cd	0 154 d	
ICS 60	X SCA 12	4 020 b	0 754 de	3 880 cd	0 251 abc	
TSA 654	X ICS 6	2 815 bc	0 552 f	1 975 cd	0 223 bc	
TSA 644	X ICS 6	3 860 b	0 655 ef	4 840 c	0 219 bc	

Resultados comparables por variable con una letra en comun no difieren estadísticamente al nivel del 5%

\* Longitud final - Longitud al iniciar el experimento

#### 4.1.2 Efecto de la concentración de Al sobre el incremento en longitud de parte aérea y raíces

La toxicidad del Al se manifestó como una disminución notoria de la elongación de la raíz y en crecimiento de la parte aérea resultados que están de acuerdo con los de Santana *et al* (1973)

En el tratamiento sin Al no hay diferencia estadística significativa entre los híbridos en incremento

en longitud tanto en parte aérea como de raíces (Tabla 1) Cuando se sometieron al tratamiento con Al se presentó disminución drástica de la elongación tanto de parte aérea como de raíces

#### 4.1.3 Concentración de P en tejido aéreo y raíces

La concentración de P en el tejido aéreo no ofrece diferencias significativas entre los híbridos cuando no se agrega Al a la solución nutritiva (Tabla 2)

**TABLA 2** Concentraciones de fósforo, calcio, magnesio y aluminio en las partes aéreas y raíces de plantulas de cinco híbridos de cacao que crecieron en solución nutritiva de Hoagland con dos dosis de aluminio

Tratamiento	Híbrido	Parte Aérea				Raíces			
		P(%)	Ca(%)	Mg(%)	Al (ppm)	P(%)	Ca(%)	Mg(%)	Al (ppm)
<b>0 ppm Al</b>									
ICS 6	X SCA 6	0 459 ab	1 153 a	0 411 a	20 80 c	0 681 c	0 500 a	0 332 a	61 00 b
IMC 67	X SCA 6	0 568 a	1 202 a	0 434 a	22 40 c	0 618 c	0 444 a	0 265 b	60 60 b
ICS 60	X SCA 12	0 541 a	1 159 a	0 422 a	22 40 c	0 582 c	0 470 a	0 262 b	65 40 b
TSA 654	X ICS 6	0 487 ab	1 274 a	0 424 a	24 40 c	0 548 c	0 482 a	0 270 b	66 20 b
TSA 644	X ICS 6	0 457 ab	1 281 a	0 420 a	24 80 c	0 511 c	0 490 a	0 291 b	63 00 b
<b>48 ppm Al</b>									
ICS 6	X SCA 6	0 471 ab	0 487 b	0 243 c	688 80 ab	0 986 ab	0 266 b	0 130 c	8 953 00 a
IMC 67	X SCA 6	0 498 ab	0 574 b	0 308 b	617 20 b	0 932 ab	0 222 b	0 122 c	8 287 00 a
ICS 60	X SCA 12	0 499 ab	0 512 b	0 276 bc	670 50 ab	0 961 ab	0 178 b	0 109 c	8 965 00 a
TSA 654	X ICS 6	0 392 b	0 542 b	0 261 c	734 70 ab	0 898 b	0 168 b	0 100 c	8 692 00 a
TSA 644	X ICS 6	0 446 ab	0 561 b	0 275 bc	755 10 a	1 084 a	0 174 b	0 102 c	9 840 60 a

Resultados comparables por variable con una letra en comun no difieren estadísticamente al nivel del 5%

Se observa una mayor acumulacion de P en las raices siendo mas notoria en las tratadas con Al lo cual puede deberse a que el P es precipitado por aquel impidiendo su translocacion y utilizacion en la parte aerea Clarkson (1966) encontro que el Al es precipitado en su mayor parte en el espacio libre de la raiz como  $AlPO_4$  lo que explicaria la mayor acumulacion de este elemento en los tejidos de la raiz encontrada en este estudio

#### 4.1.4 Concentracion de Ca y Mg en tejido aereo y raices

La menor acumulacion de Ca en los tejidos de las plantulas que crecieron en la solucion con 48 ppm de Al coincide con la mayoría de las observaciones de los investigadores en este campo en el sentido de que existe disminucion de la absorcion de Ca debida al Al como lo anotan Johnson y Jackson (1964) El contenido de Ca en las raices fue notoriamente inferior al encontrado en la parte aerea en ambos tratamientos sugiriendo que el Al presente en la solucion ocasiona disminucion en la cantidad absorbida pero no afecta la tasa de translocacion a la parte aerea

La concentracion de Mg en los tejidos de la parte aerea no presenta diferencias significativas entre los híbridos en ausencia de Al comportandose en forma similar al Ca En las raices la concentracion de Mg presenta diferencias altamente significativas entre tratamientos pero en presencia de Al no existen diferencias entre los híbridos

En general parece existir poca diferencia en la capacidad de los híbridos para absorber Ca y Mg por lo cual no se presentan diferencias entre ellos en un mismo tratamiento

#### 4.1.5 Concentracion de Al en los tejidos

Todos los híbridos tienden a acumular Al en la parte aerea cuando esta presente este elemento en la solucion (Tabla 2) En la raiz el Al es concentrado en grandes cantidades en todos los híbridos

La presencia de Al en la solucion puede ocasionar un aumento en la absorcion de P como lo sugieren Ragland y Coleman (1962) quienes al trabajar con habichuela encontraron que cuando el P y el Al estaban presentes en la misma solucion era mayor el incremento en la absorcion de P el cual segun Randall y Vose (1963) despues de la absorcion es inactivado por el Al dentro de la planta causando asi sintomas de deficiencia lo que explicaria los altos contenidos de este elemento en el IMC 67 y SCA 6 y su baja tolerancia al Al

#### 4.1.6 Relacion relativa de incremento en longitud

Algunos investigadores han encontrado una alta

correlacion entre los resultados obtenidos en pruebas de campo y el uso de relaciones relativas de longitud o sea la relacion entre la longitud obtenida en una solucion sin Al y la alcanzada en una solucion con Al e igualmente en suelos sin encalar y con adiccion de cal como un buen indice para evaluar plantas respecto a su tolerancia al Al (Foy y Brown 1964 Foy *et al* 1974) En el presente estudio se encontro que las relaciones relativas de longitud son indices apropiados del comportamiento de los híbridos de cacao en solucion nutritiva frente a la toxicidad causada por Al

### 4.2 EXPERIMENTO No 2

#### 4.2.1 Analisis de suelos

Los resultados de los analisis quimicos efectuados despues de la incubacion con cal dolomítica en un suelo de Carmagua indican que a los 30 dias las dosis de 0.6 3.0 y 6.0 ton/Ha habian logrado neutralizar el 14.3% 50.0% y 86.0% respectivamente del Al intercambiable presente en el suelo Tambien que a pesar de las adiciones de cal los contenidos de Ca Mg P Na y K son muy bajos no siendo apropiados para el cultivo del cacao segun los requerimientos dados por Hardy (1961) El pH se incremento de 4.76 a 5.00 con aplicaciones de 6.0 ton/Ha y el Al intercambiable se redujo a 0.26 me/100 g A este contenido de Al no se presentan efectos toxicos para la planta de cacao segun Miranda y Diaz (1971)

#### 4.2.2 Produccion de materia seca

La produccion de materia seca en el tejido aereo aumenta a medida que aumenta la cal agregada lo cual indica que todos los híbridos responden a su aplicacion (Figura 1) La produccion de raices de la mayoría de los híbridos fue maxima a bajo nivel de encalado o sin aplicaciones de esa enmienda

El analisis estadistico de los resultados evidencio efectos significativos de los diferentes niveles de encalado sobre los híbridos en relacion con la produccion de materia seca en tejido aereo y raices longitud de raices y numero de hojas no presentando significancia cuando se usaron como variables de respuesta la longitud de la parte aerea y el diametro del tallo

#### 4.2.3 Longitud de parte aerea y raices

Los resultados indican que una saturacion de Al alta en el suelo retarda la elongacion de la raiz y ocasiona un desarrollo profuso de raices adventicias Tambien permiten sugerir que aplicaciones de cal superiores a 3.0 ton/Ha tienen un efecto deprimente sobre el crecimiento de las raices de cacao lo que tambien se observo en la produccion de materia seca

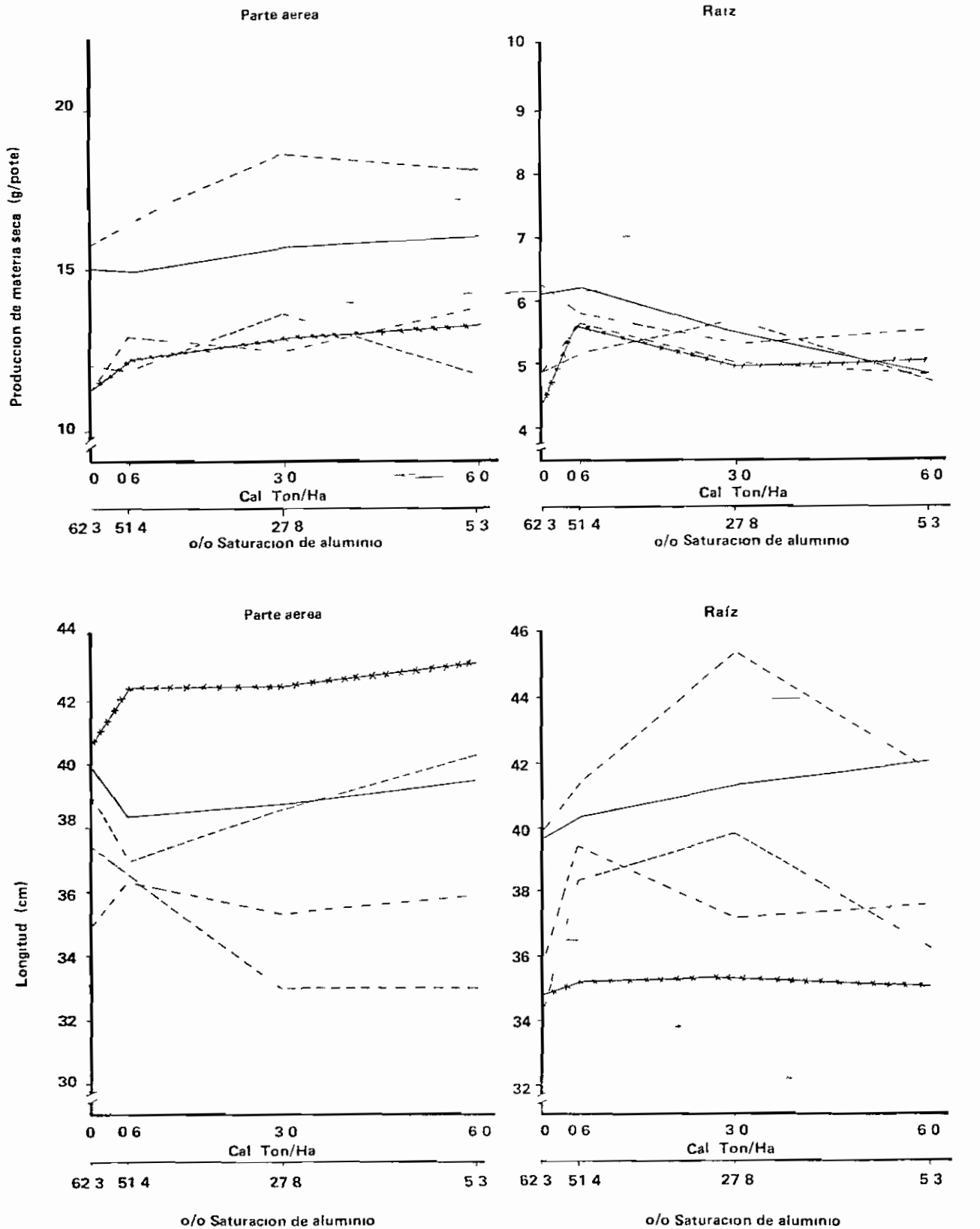


FIGURA 1 Producción de materia seca y longitud de parte aérea y raíz de cinco híbridos de cacao sembrados en un Oxisol de los Llanos Orientales con diferentes dosis de cal

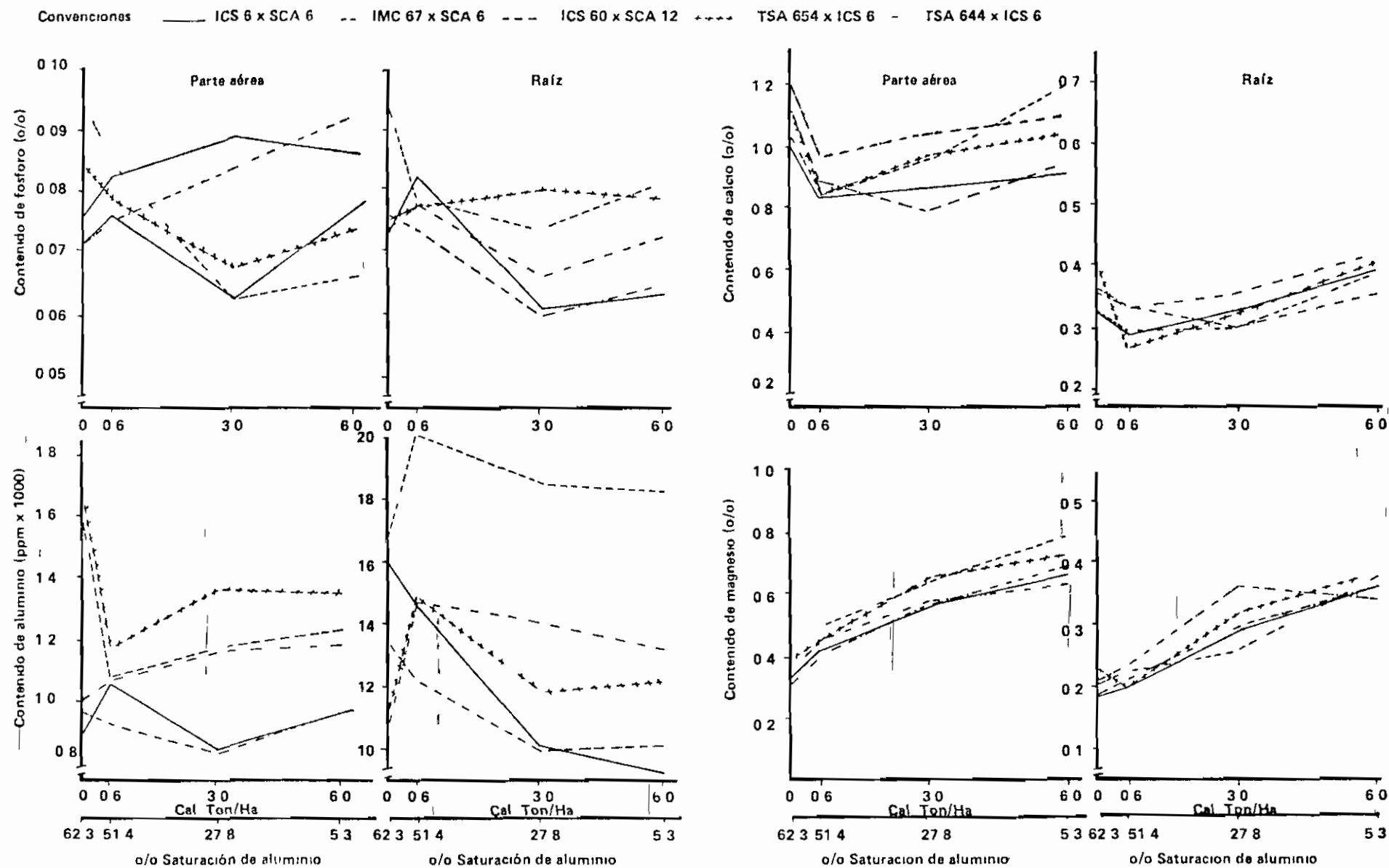


FIGURA 2 Contenido de fósforo, aluminio, calcio y magnesio de parte aérea y raíz de cinco híbridos de cacao sembrados en un oxisol de los Llanos Orientales con diferentes dosis de cal

#### 4 2 4 Concentracion de P en tejido aereo y raices

A bajo nivel de encalado la concentracion de P en las raices de los híbridos es mayor que con aplicaciones altas de cal (Figura 2) Esto puede deberse a que el P posiblemente es precipitado por el Al interfiriendo con su transporte y utilizacion por la parte aerea conforme a lo reportado por Clark son (1966)

La tolerancia de las especies de plantas al Al esta estrechamente relacionada con su habilidad para absorber y utilizar P en presencia de exceso de Al (Foy y Brown 1964) y la menor acumulacion de P en las raices ha sido relacionada por Foy y Brown (1963) con la tolerancia a la acidez El híbrido IMC 67 x SCA 6 difiere significativamente de los demas por su mayor concentracion de P en esos tejidos cuando no se encala el suelo tambien presento la menor produccion de materia seca en la raiz la menor longitud de ella por lo que puede considerarse susceptible al Al Sin embargo, no esta muy claro

el hecho de que este mismo híbrido presente la mayor acumulacion de P en la parte aerea a bajo nivel de encalado es probable que sea menos eficiente en la utilizacion del P que llega a las partes aereas o que se encuentra en las raices como sucede segun Foy *et al* (1972) en las variedades sensibles de frijol lo cual es la causa de su susceptibilidad

La concentracion de P en los tejidos de todos los híbridos es muy baja siendo su nivel insuficiente de acuerdo a lo sugerido por Murray (1967) para quien el porcentaje normal de este nutrimento en los tejidos de cacao es de 0.2%

#### 4 2 5 Concentracion de Ca y Mg en tejido aereo y raices

El comportamiento de los híbridos coincide con los reportes de Foy y colaboradores (1974) quienes al trabajar con trigo en un suelo alto en Al y sin encalar hallaron que la parte aerea de los cultivares mas sensitivos contenia concentraciones de Ca significativamente mayores que las tolerantes

Para todos los niveles de encalado el contenido de Ca en los tejidos de la raiz fue inferior al de los tejidos de la parte aerea indicando que la presencia de Al en el suelo no influye sobre la translocacion a la parte aerea

Anteriormente se ha hecho referencia a efectos adversos del encalamiento en dosis elevadas sobre la produccion de materia seca y la elongacion de las raices de cacao Es factible que esa depresion se deba a un desequilibrio en la proporcion ideal de los oxidos de Ca y Mg presentes en la cal dolomítica empleada para neutralizar el Al Para el cacao es de gran importancia un equilibrio adecuado de Ca y Mg en las enmiendas calcareas a fin de que puedan

cumplir a cabalidad con el proposito de su uso (Laroche 1966) Resultados experimentales de Morais *et al* (1975) muestran que al aplicar mezclas de carbonatos de Ca y Mg cuando el contenido de Mg es mayor o igual al de Ca hay una tendencia a incrementar el desarrollo del cacaotero

En todos los híbridos el contenido de Mg tiende a aumentar cuando se incrementa las cantidades de cal aplicadas al suelo (Figura 2) La concentracion de Mg en la raiz es inferior a la presentada en el tejido aereo para todos los niveles de encalado Los híbridos que presentaron alto rendimiento en produccion de materia seca a bajo nivel de encalado no difieren en su contenido de Mg en la raiz de los que produjeron menor cantidad Es posible que los híbridos sensibles al Al tengan requerimientos mayores de este nutrimento o tambien que el Al dentro de la planta interfiera en mayor grado en el metabolismo

#### 4 2 6 Contenido de Al en tejido aereo y raices

Se observa en la Figura 2 que los híbridos de mayor produccion de materia seca presentan una menor concentracion de este elemento en los tejidos aereos Igualmente que no hay influencia del encalado sobre el contenido de Al en la parte aerea de todos los híbridos

Los datos del contenido de Al en las raices indican que el Al es concentrado en altas cantidades en todos los híbridos no presentandose diferencias significativas para un mismo híbrido en los diferentes niveles de encalado

En general la tolerancia de los híbridos de cacao a la acidez del suelo parece estar relacionada con la acumulacion de Al en el tejido ya que se encontraron correlaciones negativas y altamente significativas entre la produccion de materia seca y la acumulacion de Al en los tejidos con valores entre 0.70 y 0.96

## 5 CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados obtenidos en estos experimentos se puede concluir que el Al en solucion nutritiva o en suelos afecta sensiblemente el desarrollo de los híbridos de cacao en ensayo

En presencia de cantidades elevadas de Al la concentracion de P en las raices se eleva considerablemente y la de P y Ca en los tejidos de la parte aerea disminuye ademas la presencia de Al ocasiona disminucion en la cantidad de Ca absorbida pero no afecta la tasa de translocacion a la parte aerea

La tolerancia de los híbridos de cacao a la toxicidad causada por Al parece estar relacionada con la acumulacion de Al en el tejido y posiblemente con la habilidad para extraer P en presencia de altos contenidos de dicho elemento



Los resultados indican que una saturación de Al alta en el suelo retarda la elongación de la raíz y ocasiona un desarrollo profuso de raíces adventicias de crecimiento pobre. Los híbridos ICS 60 x SCA 12 e ICS 6 x SCA 6 presentaron la mayor producción de materia seca mayor crecimiento de parte aérea y raíces pudiéndose calificar como tolerantes. Un comportamiento opuesto lo presentaron los híbridos IMC 67 x SCA 6 y TSA 654 x ICS 6 considerándose como susceptibles. El híbrido TSA 644 x ICS 6 se puede calificar como medianamente tolerante a la toxicidad causada por Al.

El análisis estadístico evidenció efectos significativos de las diferentes dosis de encalado sobre los híbridos en relación con la producción de materia seca en tejido aéreo y raíces, longitud de raíces y número de hojas, no presentando significancia cuando se usaron como variables de respuesta la longitud de la parte aérea y el diámetro del tallo.

En general la tolerancia de los híbridos al Al en solución nutritiva tiende a concordar con su comportamiento frente a ese elemento en el suelo ácido.

## 6 RESUMEN

Para evaluar el comportamiento de cinco híbridos de cacao con respecto a la acidez causada por Al en soluciones nutritivas y para medir en un Oxisol de los Llanos Orientales la influencia de diferentes dosis de cal sobre el Al intercambiable y la de este sobre la absorción de nutrientes y el comportamiento de los mismos híbridos se adelantó un estudio en invernadero.

En el primer ensayo se hicieron crecer plántulas de cacao en solución nutritiva de Hoagland con dos dosis de Al 0 y 48 ppm durante 40 días. Bajo estas condiciones se constató una reducción en el desarrollo de las plantas causado por el Al; se evidenció que en presencia de cantidades elevadas de Al la concentración de P en las raíces se eleva considerablemente y la de P y Ca en los tejidos de la parte aérea disminuye y que la presencia de Al ocasiona disminución de la cantidad de Ca absorbida pero no afecta la tasa de translocación a la parte aérea.

En el segundo ensayo se utilizó un suelo de Carimagua (Oxisol) con bajo contenido de P, Ca, Mg y K, bajo porcentaje de saturación de bases, pH de 4,3 y con 2,8 me de Al/100 g de suelo. La cantidad de cal necesaria para neutralizar el Al intercambiable se determinó mediante el método de la incubación. Los porcentajes de Al neutralizados fueron 0, 14, 50 y 80% respectivamente empleando cal dolomítica con un contenido de 3,98% de SiO<sub>2</sub>, 24,5% de Ca y 10,3% de Mg. Las plantas se cosecharon a los 150 días después de la siembra.

Los resultados obtenidos permiten indicar que la tolerancia a la acidez del suelo posiblemente está relacionada con la habilidad para extraer P en presencia de altos contenidos de Al. También que la

práctica de encalamiento se mostró eficiente en la neutralización del Al intercambiable y en la elevación de los contenidos de Ca y Mg intercambiables del suelo.

Tanto en solución nutritiva como en suelo se encontró que los híbridos ICS 60 x SCA 12 e ICS 6 x SCA 6 pueden calificarse como tolerantes al Al. Los híbridos IMC 67 x SCA 6 y TSA 654 x ICS 6 como susceptibles y el híbrido TSA 644 x ICS 6 como medianamente tolerante a la toxicidad causada por Al.

## 7 SUMMARY

Reaction of five cocoa hybrids (*Theobroma cacao* L.) to toxicity produced by aluminum in nutritive solution and in plants of Colombia.

Colombia and in the growth and nutrient uptake of the same hybrids a study was performed under greenhouse conditions.

In the first experiment cacao plants were growing in Hoagland solution with 0 and 48 ppm of Al for a period of 40 days. Under these conditions there was a reduction of plant growth due to excess Al. Forty eight ppm of Al increased P concentration in the roots and decreased P and Ca in the tops. The presence of Al also decreased the Ca uptake by the plants but did not affect the rate of translocation to the tops.

In the second experiment an Oxisol from Carimagua was used. The soil pH was 4.3 and the exchangeable Al 2,8 me/100 g. The content of P, Ca, Mg and K and the base saturation was very low. Using dolomitic lime (3.98% SiO<sub>2</sub>, 24.5% Ca and 10.3% Mg) at different rates 0, 14.0, 50.0 and 80.0% of exchangeable Al of the soil was neutralized.

Two plants per pot with 2 kg of soil each were planted. After 40 days the soil was fertilized with 100, 50, 50 kg/ha of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O respectively using a solution of urea, concentrated superphosphate and potassium chloride. One hundred and fifty days after planting roots and tops were harvested, dried at 70°C and weighed. Aluminum, P, Ca and Mg were analyzed.

The results obtained indicate that tolerance to soil acidity possibly is related to the ability to extract P in presence of high Al contents. Liming was efficient in the neutralization of exchangeable Al and in the increase of exchangeable Ca and Mg in the soil.

In nutrient solution and in soils the best hybrids in relation to dry matter production and general behavior were ICS 60 x SCA 12 and ICS 6 x SCA 6. The opposite was found for the hybrids IMC 67 x SCA 6 and TSA 654 x ICS 6. The first two can be considered as tolerants and the last two as susceptible to high Al. The hybrid TSA 644 x ICS 6 can be considered as medium tolerant to toxicity caused by Al.

## 8 BIBLIOGRAFIA.

- 1 BOLLARD EG and BUTLER GW Mineral nutrition of plants Annual Review of plant Physiology 7 17 1956
- 2 CHENERY EM Thyglycolic acid as an inhibitor iron in the colorimetric determination of aluminum by means Aluminon Analyst 73 501 502 1948
- 3 CLARKSON DT Effect of aluminum on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings PI Physiol 41 165 172 1966b
- 4 FOY CD and BROWN JC Toxic factors in acid soils I Characterization of aluminum toxicity in cotton Soil Sci Soc Amer Proc 27 403-407 1963
- 5 ----- and BROWN JC Toxic factors in acid soils II Differential aluminum tolerance of plant species Soil Sci Soc Amer Proc 28 27 32 1964
- 6 ----- FLEMING AL BURNS GR and ARMIGER WA Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley Soil Sci Soc Amer Proc 31 513-521 1967
- 7 ----- FLEMING AL and GERLOFF GC Differential aluminum tolerance in two snapbean varieties Agron J 64 815 818 1972
- 8 ----- LAFEVER HN SCHWARTZ JW and FLEMING AL Aluminum tolerance of wheat cultivars related to Region of Origin Agronomy J 66 751 758 1974
- 9 HARDY F Manual de cacao Turrialba Costa Rica IICA 1967 439 p
- 10 HEWITT RE Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition Commonwealth Agricultural Bureaux England Second Ed 547 p 1966
- 11 JOHNSON RR and JACKSON WA Calcium uptake and transport by wheat seedlings as affected by aluminum Soil Sci Soc Amer Proc 28 381 386 1964
- 12 LANCE JC The effects of treatments with low concentrations of aluminum on root functions Diss Abstr Sect B 29(2) 446 1968
- 13 LAROCHE FA A calagem em solos tropicais de clima umido Fitotecnia Latinoamericana 3(1/2) 83-97 1966
- 14 LORA R OSPINA E y ZANDSTRA H Determinación de nitrógeno fósforo potasio calcio y magnesio en muestras vegetales usando una sola digestión Revista ICA 8(3) 245-259 1973
- 15 MIRANDA ER DE e DIAS ACP Efeito da saturação de alumínio no crescimento de plantas de cacau Revista Theobroma (Brasil) 1 (3) 33-41 1971
- 16 MORAIS FIDE O PRADO EP DO CABALA R FP e SANTANA MBM Efeito da mistura de carbonatos de calcio e magnesio no desenvolvimento de plantas de cacau Revista Theobroma (Brasil) 5(1) 21 30 1975
- 17 MURRAY DB Leaf analysis applied to cacao Cocoa Growers Bulletin 9 29 1967
- 18 ORTIZ G y RAMIREZ A Métodos analíticos de laboratorio de suelos Palmira Instituto Colombiano Agropecuario 1974 50 p (Mimeo grafado)
- 19 PATERSON JW The effect of aluminum on absorption and translocation of calcium and other elements in young corn Diss Abstr 25 6142 6143 1965
- 20 RAGLAND JL and COLEMAN NT Influence of aluminum on phosphorus uptake by snapbean roots Soil Sci Soc Amer Proc 26 14 19 1962
- 21 RANDALL PJ and VOSE PB Effect of aluminum on uptake and translocation of phosphorus by perennial ryegrass Plant Physiol 38 403-409 1963
- 22 SANTANA MBM CABALA R FP MIRANDA ER DE Toxidez do alumínio em plantas de cacau Revista Theobroma (Brasil) 3(4) 11 21 1973