

# **Universidad Nacional Agraria La Molina**

**Programa Académico de Graduados**

**Especialidad Suelos**



## **Efecto de la Acidez de los Suelos en el Normal Crecimiento y Desarrollo de Tres Especies de Pastos**

**Tesis para optar el Grado de**

**MAGÍSTER SCIENTIAE**

**Oscar Loli Figueroa**

**LIMA - PERU**

**1979**

## INDICE GENERAL

	Págs.
RESUMEN	1
I.- INTRODUCCION	5
II.- REVISION BIBLIOGRAFICA	7
1. Acidez de los suelos	7
1.1 Naturaleza	7
1.2 Origen	8
2. El aluminio como elemento tóxico para las plantas	9
2.1 Efecto sobre el normal desarrollo	9
2.2 Interferencia del aluminio en la absorción y traslocación de elementos nutritivos	12
3. Manganeso	16
3.1 Generalidades	16
3.2 Interacciones con otros elementos nutritivos	18
4. Perspectivas para el desarrollo del trópico húmedo peruano	21
4.1 Especies promisorias para el trópico húmedo peruano	22
5. El encalado	24
III.- MATERIALES Y METODOS	28
1. Materiales	29
2. Procedimiento	31
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
1. Observaciones registradas en el lapso del experimento	34
2. Rendimiento en materia seca	40
3. Nutrición mineral	48

	Pags.
3.1 Fósforo	48
3.2 Aluminio	55
3.3 Calcio y magnesio	59
3.4 Manganeso	60
3.5 Zinc	66
4. Observaciones complementarias al experimento	69
V.- CONCLUSIONES	71
VI.- BIBLIOGRAFIA	73
APENDICE	

## RESUMEN

Bajo condiciones de invernadero en la Universidad Nacional Agraria -La Molina- fue llevado a cabo un experimento con el fin de determinar la influencia de la acidez de los suelos a diferentes niveles de encalamiento sobre el normal crecimiento y desarrollo de tres especies de pastos, dos leguminosas (Desmodium uncinatum y Centrosema pubescens) y una gramínea (Panicum maximum).

Para realizar el presente trabajo se emplearon dos suelos, uno proveniente de la zona de Tingo María y otro de la zona de Iquitos, dentro de las características más saltantes de ellos. El proveniente de Tingo María presentaba una alta concentración de manganeso disponible y un bajo porcentaje de saturación de aluminio, contrariamente a lo que presentaba el suelo de Iquitos.

Los niveles de encalamiento empleados fueron, menos una tonelada de carbonato de calcio por hectárea. Se aplicó una cantidad equivalente de sulfato de aluminio -cero toneladas de carbonato de calcio por hectárea y más dos toneladas de carbonato de calcio por hectárea (-2 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}/\text{ha}$ , 0 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}/\text{ha}$  y +2 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}/\text{ha}$  respectivamente.

El experimento fue conducido en macetas que presentaban una capacidad adecuada para recibir un kilo de suelo, cada uno de los cuales recibió en forma suplementaria dosis

estándares de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, boro y molibdeno, en forma de fertilizantes. los primeros tres, en forma de reactivos los siguientes. El riego se aplicó considerando la capacidad de campo presentada por el suelo y la pérdida de peso de la maceta, ocurrida por la evapotranspiración de la planta y la evaporación del suelo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la producción de materia seca tanto en la parte aérea como en la parte radicular de las especies leguminosas se encuentran directamente relacionadas con los niveles de carbonato de calcio empleados.

El Centrosema pubescens es la especie leguminosa que mejor se ha comportado en relación a su producción de materia seca, frente a factores como elevada concentración de aluminio-suelo de Iquitos y elevada concentración de manganeso-suelo de Tingo María. La alta concentración de manganeso fue más tóxica que la alta concentración de aluminio, lo que se notó en forma bastante acentuada en el Desmodium uncinatum.

La especie gramínea Panicum maximum presentó mayor rusticidad que las especies leguminosas en relación con la producción de materia seca, no encontrándose respuestas significativas a las máximas aplicaciones de carbonato de calcio, asimismo fueron las plantas crecidas bajo condicio-

nes de suelo de Tingo María las que mayor rendimiento tuvieron.

Analizando las concentraciones de los elementos nutricionales obtenidas en los diferentes tratamientos se puede manifestar que al incrementarse la acidez de los suelos, disminuye la concentración de fósforo en la parte aérea, a diferencia del aluminio, fósforo, zinc y manganeso radicular los que se incrementaban en el interior de la raíz. La presencia de calcio y el magnesio se encuentra relacionada con la presencia de estos elementos Ca y Mg en el suelo en forma asimilable y con la mayor absorción de elementos como aluminio y manganeso por parte de la planta.

Para evaluar los resultados se empleó el Diseño Estadístico de Block Completo al Azar, con distribución factorial de 2 x 2 x 3 para las especies leguminosas y de 2 x 3 para la especie gramínea. Para efectuar las pruebas de significación estadística fue empleada la prueba de Tuckey.

Asimismo, se han efectuado pruebas de correlación entre las concentraciones de aluminio, fósforo, calcio, magnesio, manganeso y zinc para cada especie, tanto a nivel de la parte aérea como a nivel de la parte radicular de la planta.

Con el objeto de apreciar el efecto residual de los suelos se sembraron doce plantas de maíz PM-204 en 500 gramos

de suelo, provenientes de cada uno de los tratamientos. Los mejores rendimientos en producción de materia seca fueron obtenidos en los tratamientos de mayor acidez y en las especies de menor rendimiento.

## I.- INTRODUCCION

La zona correspondiente al Trópico Húmedo Peruano representa un buen potencial agropecuario, básicamente en lo relacionado a la actividad pecuaria y a su incidencia en la satisfacción de las necesidades de la población. Es por ello que actualmente se está tratando de desarrollar programas de investigación y extensión relacionados con el fomento ganadero, actividad que requiere de estudios adicionales de apoyo, tal como el de pastos y forrajes.

El potencial pecuario que representa la selva peruana se asocia con series problemas característicos de esta zona principalmente los relacionados con obras de infraestructura, clima y suelos. Las adversas condiciones predominantes en la selva peruana, trae como consecuencia la presencia de características negativas en el suelo para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas.

Las investigaciones hasta hoy efectuadas, indican que una de las principales características adversas de los suelos de selva se relacionan con acumulaciones de elementos como el aluminio y el manganeso, en cantidades tóxicas para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los problemas encontrados en la zona perteneciente al Trópico Peruano se tratan de obviar o solucionar con un mínimo de alteraciones en las condiciones existentes; ello se



trata de lograr con un adecuado uso de especies y variedades adaptables a la zona y al empleo de prácticas culturales y de manejo de suelos más adecuados.

La existencia de problemas en la zona del trópico peruano y la escasez de investigaciones influyó en la ejecución del presente trabajo experimental, en el que se trata de observar el comportamiento de tres especies de pastos en suelos ácidos a diferentes niveles de encalado, de modo que sus resultados contribuyan a incrementar las investigaciones hasta hoy efectuadas.

Los objetivos perseguidos en el presente experimento son:

- a) Determinar la influencia de la acidez en el normal crecimiento de las tres especies de pastos en estudio. Ello se logra mediante la evaluación de los síntomas visuales y la producción de materia seca.
- b) Determinar la influencia del manganeso y del aluminio prosente en el suelo, en la normal absorción y traslocación de los elementos nutritivos, en cada una de las especies en estudio.
- c) Determinar el efecto del nivel de encalado en la normal absorción y traslocación de elementos nutritivos en las especies en estudio.

## II.- REVISION BIBLIOGRAFICA

### Acidez de los Suelos

#### 1.1 Naturaleza

La acidez de los suelos, de acuerdo con lo reportado por Coleman (1958) y Kamprath (1973), se encuentra directamente relacionada con el contenido de aluminio intercambiable. La medición de la acidez se efectúa en forma indirecta mediante la determinación de la concentración de iones hidrógenos presentes en el suelo, mencionado por León (1971), Villagarcía (1973). Ello ocurre pues al producirse la hidrólisis del agua en presencia del aluminio, se produce una liberación de iones hidrógenos que son los que determinarán la reacción del suelo o pH.

En los suelos inorgánicos la acidez se encuentra relacionada con el porcentaje de saturación de aluminio, de la capacidad de Intercambio Catiónico efectiva, mientras que en los suelos orgánicos, se encuentra más relacionada con la presencia de aluminio en forma intercambiable (reportado por Coleman, 1958; Villagarcía, 1973). Estos tipos de acidez son conocidos como Acidez Intercambiable, que se diferencia de la conocida como Acidez Titulable, porque esta última se halla relacionada con la presencia de materia orgánica y con óxidos hi-

dratados de fierro y aluminio, compuestos que se caracterizan por liberar iones hidrógenos al producirse su descomposición o al hidratarse respectivamente. (Fassbender, 1975; Coleman, 1958).

## L.2 Origen

El aluminio en los suelos puede encontrarse formando parte estructural de los minerales primarios, tales como los feldspatos, piroxenos y otros, y de los minerales secundarios formando parte de las capas tetraédricas y octaédricas de las arcillas. (Marshall, Drim. citados por Estrada, 1971 y Fassbender, 1975). Al producirse la degradación de estos minerales, lo que es más acentuado bajo condiciones extremas de meteorización, predominantes en la zona del Trópico Húmedo. (reportado por Villachica, 1973, Fassbender, 1975 y Estrada, 1971), se produce la liberación de iones Aluminio, los que pasan a su forma cambiante.

Fassbender (1975) y Pearson (1971) indican que la acidez también puede ser originada por la aplicación de sales nítricas y sulfatadas (Mahendra and Pathal, 1969, Boyer, 1972) usadas como fertilizantes, pues la descomponerse en el suelo se produce la formación de ácido nítrico y de ácido sulfúrico, los que se caracterizan por ser altamente acidificantes. (Vlamiš, 1953).

Otra de las causas de la acidez de los suelos, es rela

cionada con la desbosificación y acumulación de elementos predominantes en la acidez de los suelos, que ocurre como consecuencia de una constante extracción de elementos por parte de los continuos cultivos, es así que en maní, en un lapso de quince años se ha encontrado un descenso en la reacción del suelo. (Faux, Moureaux y Thomas, 1969, citados por Fassbender, 1975).

## 1. El Aluminio como Elemento Tóxico para las Plantas

### 2.1 Efecto sobre el normal desarrollo de las plantas

El principal efecto atribuido al aluminio presente en el suelo, es sobre el normal desarrollo radicular (Summer, 1970), el que se ve atrofiado. En las raíces principales de las plantas afectadas se produce una inhibición en la división celular por la aparición de células binucleadas (Long and Foy, 1970; Estrada and Cummings, 1971; Adams and Lund, 1966; Rangland and Coleman, 1959; Flemings and Foy, 1968). En las raíces laterales se produce una reducción en la normal plasticidad de las membranas celulares al ser remplazado el calcio por el aluminio a nivel de las láminas pécticas (reportado por Black, 1968). Estas afirmaciones han podido ser corroboradas en diferentes cultivos como papa (Villagarcía, 1973), Trifolium subterraneum, alfalfa, maíz (Estrada and Cummings, 1971; Evans and Kamprath, 1970), sergo (Evans and Kamprath, 1970), ce-

bolla, algodón (Adams and Lund, 1966):

Después de diferentes investigaciones se ha determinado que la concentración crítica de aluminio en la solución suelo es de una parte por millón ( ppm), pues a esta concentración los síntomas de toxicidad del aluminio se incrementan considerablemente, y corresponde en forma aproximada al sesenta por ciento de saturación de aluminio de la Capacidad de Intercambio (mencionado por Kamprath, 1967). Esto puede variar de acuerdo con la especie, variedad y con el tipo de suelo. Así se tiene que máximos rendimientos en maíz fueron obtenidos con el 44% de saturación de aluminio (Kamprath, 1971), en soya con el 30% (Evans and Kamprath, 1970), mientras que en algodón con el 20% (Kamprath, 1971); de la misma manera al incrementarse la Capacidad de Intercambio Catiónico en un suelo, la posibilidad de adsorber una mayor cantidad de aluminio se ve favorecida.

Es así que, considerando las respuestas de las plantas a las diferentes concentraciones de aluminio presentes en el suelo, las plantas han sido agrupadas en (Ligon and Pierre, 1932):

a.- Muy sensibles. Remolacha, lechuga, timothy, cebada, alfalfa, y zanahoria. (Coleman et al, 1958).

- b.- Medianamente sensibles. Sorgo, rábano, col, avena y centeno.
- c.- Tolerantes. Maíz, Agrostis alba (Long and Foy, 1970) y trigo Sarraceno (Kamprath, 1971).

La susceptibilidad presentada por las plantas a las altas concentraciones de aluminio se encuentra relacionada con (Foy, 1972):

- a.- Un bajo pH en la zona radicular, lo que favorecería una mayor acumulación de aluminio en forma soluble al pie de planta.
- b.- Una alta Capacidad de Cambio presentada por el sistema radicular, de manera que el aluminio adsorbido a las raíces se incrementa. (Flemings and Foy, 1968).
- c.- Poca habilidad por parte de las plantas para absorber y traslocar el fósforo cuando este elemento se encuentra en baja concentración disponible en el suelo, debido a la presencia del aluminio. (Foy and Brown, 1967).
- d.- No hay desarrollo de defensas por parte de la planta para neutralizar los efectos tóxicos de la concentración de aluminio, tal como la quelatación

del aluminio por parte de los ácidos orgánicos.

(Jones, citado por Villagarcía, 1973).

A.- Menor habilidad para absorber una mayor cantidad de elementos como el calcio, fósforo y magnesio, que se caracterizan por neutralizar o precipitar al aluminio. (Lora y Riveros, 1971; Evans and Kamprath, 1970; Fox, 1974; Andrew et al, 1969; Kamprath, 1973).

## **E.2 Interferencia del aluminio en la normal absorción y traslocación de elementos nutritivos.**

El efecto nocivo del aluminio a nivel radicular se centraliza en la zona meristemática y la elongación, consideradas como las más efectivas en la absorción de elementos nutritivos (Klimashevsky, 1972), de manera que al existir una alta concentración de aluminio la toxicidad de este elemento se manifestará en una desnutrición general de la planta, debido a una reducción en la normal absorción y traslocación de elementos nutritivos, variando este efecto de acuerdo al tipo de planta, tejido afectado y al elemento neutralizado. (Harward et al, 1955).

Considerando que el pH es determinado por la concentración de aluminio presente en el suelo, se llega a la conclusión que la reacción del suelo influye en la normal absorción y traslocación de elementos nutritivos. A este respecto, Villachica (1973) y Lee (1970), mencionan

que al incrementarse la acidez de los suelos, el fósforo, aluminio, manganeso, fierro y cobre, son acumulados a nivel radicular, mientras que el zinc, calcio y magnesio son inhibidos en su absorción. (Villachica, 1973; Lee, 1970). Asimismo, se ha determinado que en papa (Lee, 1970) y lechuga (Harward et al, 1955), concentraciones de aluminio tales como 5 y 100 ppm en la solución suelo, inhiben la absorción de potasio.

#### 2.2.1 Interacción fósforo-aluminio.

Bajo condiciones de alta acidez de los suelos el fósforo se acumula en altas concentraciones a nivel radicular, pero esto no es asimilable por parte de las plantas ya que se encuentra formando compuestos insolubles con el aluminio (Pa Ho Hsu 1965; Benavides et al, 1963; Trigoso y Estrada, 1972; Estrada and Cummings, 1971), pues su solubilidad en agua es prácticamente nula. (Wright, 1948).

La atracción que ejerce el aluminio por el fósforo ha sido comprobada en maíz (Hardy, 1970), donde se encuentra aluminio precipitado en los espacios entercelulares conjuntamente con una mayor concentración de fósforo. (Rasmussen, 1968).



### 2.2.2 Interacción aluminio con el calcio y magnesio.

El aluminio se encuentra inversamente relacionado con la disponibilidad de elementos como el calcio y el magnesio, ello por una posible competencia en la normal absorción y traslocación (Lora y Riveros, 1971); a esta conclusión se ha llegado luego de experimentar en diferentes cultivos tales como lechuga (Harward et al 1955), maíz (Evans and Kamprath, 1970), papa (Lee, 1970), en alfalfa y azalea (Lund y Koiraned, citado por Kamprath, 1971).

Elementos como el calcio y magnesio, tienden a contrarrestar el efecto tóxico del aluminio (Ferrari and Slujsman, 1955; Kamprath, 1971). Es por ello que si bien el calcio es requerido como micronutriente para el cumplimiento de sus funciones específicas en el interior de la planta, debido a su acción antitóxica la planta lo requiere como macronutriente. (Lora y Riveros, 1971; Kamprath, 1967).

De esta manera en muchos cultivos se ha determinado la concentración crítica de calcio para que el cultivo se desarrolle en forma normal. En algodón, se ha determinado un mínimo del 20% de saturación de calcio en el suelo para lograr un buen desarrollo radicular (Harward and Adams, 1965); iguales concentraciones se han

determinado en lechuga y cebada. (Vlamis, 1949).

En soya se han observado síntomas de deficiencia de magnesio cuando su porcentaje de saturación fue menor del 3%, mientras que el de aluminio fue igual o superior a 65%; en algodón se notaron estos síntomas cuando el porcentaje de saturación de magnesio fue menor del 4% y el de aluminio fue igual o superior a 70%. Teniendo en consideración estos datos, en maíz se ha determinado o asociado síntomas de deficiencia de magnesio con bajos valores de pH. (Benson, Jones y Haghiri, 1963).

### 2.2.3 Efectos fisiológicos de la toxicidad de aluminio

Los efectos presentados por el aluminio en el interior de la planta, bien pueden ser considerados como indirectos, ya que actúan sobre la asimilación de elementos que tienen acción sobre el normal crecimiento y desarrollo de la planta. Así al precipitar el fósforo a nivel radicular, baja su disponibilidad para realización de diferentes actividades metabólicas. (Rorison, 1965; Clarkson, 1966).

Los daños del aluminio se encuentran relacionados con una immobilización del núcleo, la que se asocia con una interferencia en la división celular, por la formación de células binucleadas, restrin-

giéndose la síntesis de DNA, produciéndose aberraciones cromosómicas. (Lora y Riveros, 1971).

Asociado con la toxicidad del aluminio se tiende a observar una disminución en la respiración (Norton, 1967; Clarckson, 1969), principalmente por el efecto que va a tener sobre la normal absorción y traslocación de elementos que intervienen en la respiración. Asimismo al actuar el aluminio sobre el magnesio, sus funciones como activador de diferentes sistemas enzimáticos de las actividades metabólicas relacionadas con la fotosíntesis, respiración, síntesis y degradación de lípidos, así como la transformación del nitrógeno se ven refrenados. (Lora y Riveros, 1971).

## **3. Manganeseo**

### **3.1 Generalidades**

Al incrementarse la acidez de los suelos, otro de los elementos que aumenta su disponibilidad para la planta es el manganeseo (Siman et al, 1974; Troung et al, 1971; Kamprath, 1971, Fassbender y Roldán, 1973). Su presencia en el suelo ocurre como consecuencia de la descomposición de las rocas ferronmagnesianas que presentan este elemento como parte de su estructura. (Fassbender y Roldán, 1973).

En los suelos de manganeso puede encontrarse su forma divalente, que es la más soluble y predomina en los de reacción ácida; conforme a la reacción se incrementa a neutra o alcalina, el manganeso divalente se oxida y pasa a su forma tetravalente que no es aprovechada por la planta. (Mulder, 1952; Fassbender y Roldán, 1973).

Las condiciones por las cuales el manganeso tiende a acumularse en concentraciones tóxicas para la planta con las relacionadas con los períodos de inundación y elevadas temperaturas, que condicionan la acción de bacterias anaeróbicas implicadas en la reducción del manganeso tetravalente (Siman et al, 1974), Mulder, 1952), aún cuando también puede ocurrir como consecuencia de un alto contenido de arcilla y materia orgánica presente en el suelo. (Fassbender y Roldán, 1973).

Los síntomas tóxicos ocasionados por el manganeso va rían de acuerdo con la especie de planta e incluso con la variedad, pero generalmente su manifestación en forma visual es mediante un blanqueamiento de las partes apicales de las plantas, conocida como Clorosis Férrica. (Jacob y Uexkull, 1965). De la misma manera que la sintomatología, las concentraciones a las cu les se presentan varía de acuerdo con las especies y con las variedades de las plantas. Es así que en al-

falsa concentraciones de 50 ppm son tóxicas, en soya y cebada se han observado síntomas de toxicidad cuando las concentraciones de manganeso en la solución nutritiva fue de 1 y 4 ppm respectivamente. En Centrosema pubescens se han determinado concentraciones de 25 ppm como nivel crítico, 3 ppm para el Glicina wightii y 15 ppm para el Stylosantes humilis (Truong et al, 1971). Asimismo, se han notado sus efectos tóxicos al normal desarrollo del trébol blanco, lespedaza, frijol, tomate, papa, lino y otras especies.

Las plantas susceptibles a la alta concentración de manganeso en el suelo se hallan estrechamente relacionadas con el bajo poder oxidativo de las raíces y con su baja habilidad para neutralizar su traslocación hacia las partes apicales. (Poy, 1972). Esto es debido a la baja capacidad presentada por parte de la planta para absorber elementos que neutralizan los efectos negativos del manganeso. (Truong et al, 1972; Lora y Riveros, 1971).

### 3.2 Interacciones del manganeso con otros elementos nutritivos

El manganeso en el suelo se relaciona de una manera variable respecto a los diferentes elementos nutritivos. Así en un experimento en soluciones nutritivas, usando

como planta indicadora el trébol blanco, se ha encontrado una relación negativa del manganeso con el calcio, magnesio, potasio, fierro, fósforo y nitrógeno. (Troung et al, 1971). En papa se ha encontrado una competencia del manganeso con el aluminio, hidrógeno y fierro, posiblemente por los sitios de cambio radicales. (Vlamis and Williams, 1973; Lee, 1970).

Con el calcio y magnesio la interacción que ocurre es de bloqueo de manera que el manganeso se ve inhibido en su normal traslocación hacia las partes apicales de las plantas. Ello sucede pues tanto el calcio como el magnesio son considerados como elementos antitóxicos. (Troung et al, 1971; Mahendra et al, 1969; Lee, 1970; Lora y Riveros, 1971).

La interacción que ocurre con el fósforo es de precipitación, formándose compuestos insolubles para la planta. (Gaucher, 1971). Con el zinc y el fierro, el manganeso presenta una interacción antagónica (Gaucher, 1971; Troung et al, 1971).

Los síntomas visuales de toxicidad de manganeso se relacionan con la presencia de una clorosis férrica, causada por una reducción en la absorción del fierro en su forma ferrosa por parte de la planta. Este hecho va a repercutir en el blanqueado de los brotes a-

picales. (Kamprath, 1971). Esta menor absorción de fierro ferroso ocurre porque disminuye la presencia de este catión en el suelo, porque al reducirse el manganeso de tetravalente a divalente, se produce la energía (1.5 voltios) que causa una oxidación del fierro ferroso a férrico. (Sommers et al, 1942; Lora y Riveros, 1971). También se ha atribuido los síntomas de deficiencia de fierro ferroso a una competencia presentada por este catión con el manganeso divalente por los sitios de cambio radiculares. (Lora y Riveros, 1971). Muchas plantas han desarrollado una medida de defensa contra el efecto tóxico del manganeso la que consiste en la liberación de iones hidrógeno a través de su sistema radicular, hecho que permite una reducción del fierro férrico. (Reportado por Wallace, 1976).

De una manera indirecta el manganeso se relaciona con el cobre, elemento que estimula la oxidación microbiana producida por los hongos, pudiendo llegar a una inmovilización del manganeso. (Albrecht, 1941, Mulder, 1952; Estación Experimental New Hampshire, 1956).

#### 4. Perspectivas para el Desarrollo del Trópico Húmedo

La tendencia actual es a la explotación de los suelos del Trópico con una mínima alteración de éstos, lo que puede

lograrse mediante el uso de adecuadas prácticas de manejo de suelos y la introducción de nuevas especies y variedades adaptables a las condiciones medio ambientales. (Sánchez, 1973; Boyer, 1972). De esta manera se ha propuesto hasta cuatro opciones para lograr soluciones económicas a los problemas agronómicos en estas zonas. (Spain, 1972):

- a.- Uso de cal en cantidades reducidas con el fin de lograr una parcial o total neutralización del aluminio intercambiable. (Kamprath, 1971).
- b.- Uso de especies y variedades resistentes a las condiciones de acidez y al clima, características de la zona.
- c.- Uso eficiente de cal mediante su aplicación en bandas a fin de incrementar su eficiencia, o también mediante el revestimiento de las semillas de leguminosas con cal.
- d.- Trabajos de fitomejoramiento tendientes a obtener y propagar nuevas líneas tolerantes a la acidez. Con este respecto, se han efectuado trabajos en trigo, cebada, maíz y papa. (Mencionado por Fey et al, 1969; Villagarcía, 1973; Lee, 1970).

En los suelos del Trópico Húmedo Peruano mediante las prácticas de manejo e incorporación de nuevas especies, se está tratando de impulsar actividades como la ganadería, con un futuro muy halagador. Debido a ello en la actualidad se es-



tá dando particular importancia a los trabajos relacionados con la introducción, adaptación y selección de especies de pastos que han dado buenos resultados en condiciones de suelos ácidos, principalmente provenientes de países como Australia, Colombia, Puerto Rico. (Johnson, 1972; Camacho, 1975).

#### 4.1 Especies Promisorias para el Trópico Húmedo

Son muchas las especies que se han propuesto para su adaptabilidad en el Trópico Húmedo Peruano, entre ellas se pueden citar:

- a.- Centrosoma pubescens, conocida como "Centro", es un pasto perenne, nativo de América del Sur, se adapta bien a las condiciones de zonas húmedas y calurosas. Es muy agresivo y productivo, y presenta buena resistencia a la sequía y a los suelos con deficiencias de fósforo. (Sample, 1972). Sus máximos rendimientos se asocian con concentraciones foliares de 0.16 de fósforo. (Andrew and Robins, 1969).
- b.- Desmodium uncinatum, conocida como "Desmodio", se caracteriza por ser una planta muy sensible a los problemas de sequía y anegamiento. (Johnson, 1972).

Aparte de estas especies se tienen otras como el Desmodium intortum, Stylosanthes humilis, etc., con resultados

verdaderamente halagadores. (Johnson, 1972). En el Trópico Peruano existe la especie Pueraria phaseoloides, conocida como "Kudzu", muy distribuida en la Selva, siendo su principal problema su aceptabilidad por parte del ganado, problema que se puede obviar en caso de ser el único alimento disponible. (Sample, 1974; Johnson, 1972).

Las leguminosas constituyen una buena fuente de nitrógeno protéico para los animales (Sample, 1972), además de que en los cultivos asociados puede abastecer de estos elementos a las gramíneas, aun cuando se ha demostrado que las gramíneas también pueden fijar nitrógeno en cantidades equivalentes a la mitad de su normal requerimiento, claro que ello ocurre sólo en determinadas especies y en asociaciones con determinadas bacterias. (Estación Experimental de New Hampshire, 1956). Dentro de este aspecto, la bibliografía menciona el Paspalum notatum, Digitaria decumbans (pasto Pangola), Pennisetum purpureum (pasto elefante), Brachiaria sp. (pasto Parí), Panicum maximum (pasto Castilla).

En experimentos efectuados en Pucallpa, las especies que han dado buenos resultados en asociaciones son el Pasto Castilla, Guinea o Yaragua, con el Stylo, Kudzu, Desmodio o Centro (Zaldívar, 1972, Santhirasogarán, 1971, citados por Johnson, 1972). El Centro es una de

Las leguminosas que ha dado muy buenos resultados al ser asociado con gramíneas de crecimiento erecto (Yates, - 1970), así como en Colombia se ha obtenido buenos resultados con el "Puntero" (Bohórquez, 1975). La asociación del Glicine con el Panicum maximum, es otra que ha dado muy buenos resultados. (Sample, 1972).

La capacidad de la leguminosa para ser empleada en asociaciones, depende (Bernal, 1972):

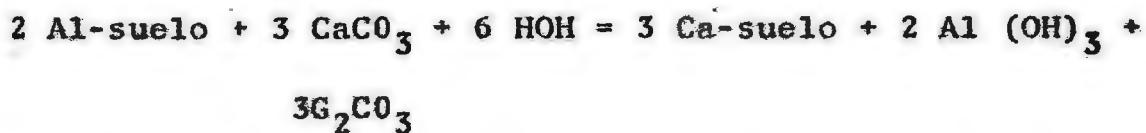
- a.- Características de la leguminosa en sí
- b.- Efectividad de la bacteria inoculada
- c.- Condiciones físico-químicas del suelo
- d.- Contenido de elementos esenciales en el suelo

#### K. El Encalado

Una de las prácticas culturales más comunes usadas para reducir el problema de la acidez en el suelo, es el encalado mencionado. (Kamprath, 1967). Su uso supone un desplazamiento de los iones predominantes en suelos ácidos hacia la solución suelo, donde son precipitados, obteniéndose por consiguiente un incremento en el pH. (Kamprath, 1971). Paralelamente a la incorporación de iones oxidrilos, que son los responsables de la precipitación, se adicionan iones calcio y algunas veces magnesio, considerados como elementos anti-tóxicos, disminuyendo de esta manera los efectos nocivos del

aluminio, fierro y manganeso, principales cationes predominantes en suelos ácidos (Misra and Misra, 1969; Ríos et al, 1968, Lora y Riveros, 1971).

Entre los materiales encalantes el más usado es el carbonato de calcio, por las ventajas presentadas. Estas son relacionadas con su bajo costo, facilidad en su manejo y distribución, y su no hidratabilidad. La dolomita, aun cuando se puede usar como fuente de magnesio no es explotada en forma comercial. (Reportado por León, 1971). El carbonato de calcio al hidrolizarse da lugar a la formación de un anión bicarbonato y un ión oxidrilo, con liberación de calcio, siendo el ion oxidrilo el que va a producir la precipitación del aluminio que ha sido previamente desplazado del complejo de cambio por el ion calcio, ocurriendo la siguiente reacción:



Con la elevación del pH o reacción del suelo por la precipitación del aluminio se origina una oxidación del manganeso, que pasa de su forma divalente a la tetravalente o no asimilable por la planta. (Misra and Misra, 1969; Mulder, 1952).

El encalamiento de los suelos trae consigo una alteración de las propiedades de los suelos, tal como la capacidad de intercambio catiónico, disponibilidad de nutrientes, estructura actividad microbiana y otras propiedades físicas, químicas y biológicas. (Kamprath, 1971; Martini, 1968). De acuerdo a ello, la tendencia de llevar los suelos a reacciones neutras, principio seguido en los suelos de clima templado, no es recomendable en los suelos de Trópico Húmedo, por un posible desbalance nutricional con elementos como el manganeso, potasio, fierro, zinc, magnesio, cobre y boro. (Ríos et al, 1968; Coleman et al, 1958; Gaucher, 1971).

La no adaptabilidad de la técnica seguida en los suelos existentes en zonas de clima templado, es por el origen de la acidez que han tenido estos suelos. Esto es relacionado principalmente con la lixiviación existente en las zonas de clima templado, mientras que en los suelos del Trópico Húmedo el origen de la acidez se halla relacionada además de la lixiviación con la destrucción de minerales de arcilla. (Martini, 1968). De esta manera el pH no constituye un buen índice de aplicación de cal en suelos de Trópico Húmedo. (Yuan, 1970).

Teniendo en consideración que en los suelos del Trópico el principal problema es el relacionado con la alta concentración de aluminio (Coleman, 1967; Kamprath, 1967), elemen

to que precipita a un pH aproximado de 5.5 (mencionado por Villagarcía, 1973; Estrada, 1971; Sánchez, 1973), no se tendría necesidad de elevar el pH hasta la neutralidad para reducir sus efectos tóxicos. (Spain, 1972).

Con el fin de reducir o anular el efecto tóxico del aluminio presente en los suelos ácidos, se han propuesto diferentes formas prácticas, una de las cuales consiste en multiplicar la concentración de aluminio cambiante por un factor (Kamprath, 1967), y otra es la propuesta por Spain (1972) quien recomienda la aplicación de dos toneladas de carbonato de calcio por cada miliequivalente de aluminio que se desee neutralizar. Pero hasta hoy no se ha podido correlacionar la cantidad de carbonato de calcio aplicado y la neutralización de una cantidad proporcional de aluminio en el suelo, dependiendo el encalamiento principalmente de la especie y del tratamiento aplicado al suelo. (Martin, 1968).

Aparte del encalamiento otra de las enmiendas que se usa para evitar el efecto tóxico del aluminio es la materia orgánica, que se caracteriza por acomplejar al aluminio determinando su inactivación. (Coleman et al, 1958; Evans y Kamprath y Foy, 1971).

## IV.- MATERIALES Y METODOS

Para observar la influencia del aluminio y manganeso como elementos predominantes en los suelos ácidos, en el normal crecimiento y desarrollo de dos especies de leguminosas y una gramínea a diferentes niveles de encalado, fue conducido un experimento en el invernadero de la Universidad Nacional Agraria -La Molina-.

El tiempo que duró este experimento fue de dos meses (diciembre de 1974 a febrero de 1975) durante los cuales las temperaturas en el interior del invernadero variaron desde 16°C como promedio de las mínimas y de 43°C como promedio de las máximas.

Los suelos en estudio fueron procedentes de la Selva Baja (Iquitos) y de la Selva Alta (Tingo María), los que presentaban como vegetación al Axonopus Scoparius -maicillo- y de una purma incipiente, respectivamente. La superficie de ambos suelos es de relieve colinoso, con una pendiente aproximada de 15 a 20%. El suelo de Iquitos presenta una alta concentración de arena y una ausencia de moteaduras, lo que hace pensar en un buen drenaje, mientras que en el suelo de Tingo María al presentar una mayor concentración de arcilla, el drenaje es más moderado. (Cuadro 20).

Los análisis de fertilidad correspondientes a los suelos en estudio indican que son suelos ácidos, siendo su reac-

ción de pH en una solución de cloruro de potasio 1:1 (10 gr de suelo-10 ml de cloruro de potasio) de 4.15 en el suelo de Iquitos y de 4.50 para el de Tingo María. El porcentaje de saturación de aluminio es alto en el suelo de Iquitos (53.5%) a diferencia de la concentración encontrada en el suelo de Tingo María (32.6%), siendo el porcentaje de saturación de hidrógeno mayor en el suelo de Iquitos que en el de Tingo María (26.4% y 4.1%, respectivamente) - Cuadro 20. La concentración de fósforo en ambos suelos es considerada baja (5 ppm) de acuerdo a los rangos establecidos para el método Olsen. Una de las características saltantes en el suelo de Tingo María es su alta concentración de manganeso disponible (268.4 ppm), a diferencia de la concentración presentada por el suelo de Iquitos (7.9 ppm) - Cuadro 20.

#### 1.- Materiales

- a) Macetas de plástico, de una capacidad suficiente para recibir un kilo de suelo. Fueron usadas 54.
- b) Dos suelos procedentes de Iquitos y de Tingo María respectivamente.
- c) Tres especies de pastos:
  - c<sub>1</sub>) Leguminosas:

Centrosema pubescens

Centro

Desmodium uncinatum

Desmodio



- c<sub>2</sub>) Panicum maximum Pasto Castilla
- d) Balanza de dos kilos
- e) Equipo y materiales de laboratorio comúnmente usados en los análisis de suelos y plantas
- f) Elementos nutritivos aplicados a cada maceta:
- f<sub>1</sub>) Fertilizantes:
- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| Nitrato de amonio, fuente de nitrógeno (N)       | 100 ppm de N                          |
| Superfosfato simple de calcio, fuente de fósforo | 120 ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| Sulfato de potasio, fuente de potasio            | 100 ppm K <sub>2</sub> O              |
- f<sub>2</sub>) Reactivos:
- |   |                            |
|---|----------------------------|
| Tricloruro de aluminio hexahidratado fuente de aluminio | 2 TM CO <sub>3</sub> Ca/ha |
| Borato de sodio decahidratado fuente de boro            | 5 ppm B                    |
| Sulfato de magnesio heptahidratado fuente de magnesio   | 50 ppm Mg                  |
| Molibdeno de sodio dihidratado, fuente de molibdeno     | 2 ppm Mc                   |
| Carbonato de calcio                                     | 2 TM/ha                    |

Con el fin de observar el efecto residual se usaron los siguientes materiales:

g) Macetas aptas para recibir 500 gr de tierra, en número de 54

h) Semillas de maíz PM-204, en número de 648

➤ Procedimiento:

- a) El experimento se inició el día 9 de diciembre de 1974, con la aplicación del carbonato de calcio y del tricloruro de aluminio (en cantidad equivalente a 2 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}$ /ha)
- b) Luego de siete días se aplicaron los fertilizantes, los que fueron previamente homogenizados en un mortero de porcelana. La totalidad de la fuente de fósforo y de potasio se aplicó y sólo la mitad de la fuente de nitrógeno, ya que la otra mitad se utilizó al mes de haberse iniciado la siembra.
- c) La aplicación de los reactivos se efectuó a los diez días de iniciado el experimento, en forma de solución.
- d) En forma previa a la siembra se obtuvieron muestras compuestas de cada tratamiento con el fin de determinar el pH en una dilución 1:1 (10 gr de suelo - 10 ml de agua) y la conductibilidad eléctrica respectiva. De esta manera se trató de observar los efectos pro-

ducidos por la adición de los fertilizantes y reactivos.

La siembra del experimento se efectuó a los quince días de iniciado, en el caso de las leguminosas, mientras que en el caso de la gramínea, la siembra se realizó una semana después. El desahije se llevó a cabo a los quince días de sembrado, dejando 20 plantas en el desierto, quince en el centro y diez en el Pasto Castilla. El criterio que primó en la ejecución de esta práctica fue el mínimo número de plantas germinadas.

■ El riego de las macetas se inició con la incorporación del carbonato de calcio y del aluminio. El agua aplicada dependía de la capacidad de campo determinada para cada suelo (16% para el suelo de Tingo María y 20% para el suelo de Iquitos) y del agua perdida por evapotranspiración de la planta y evaporación del suelo.

f) Semanalmente durante el tiempo que duró el experimento se tomaron medidas de altura en tres plantas de cada maceta, esto se hizo con la finalidad de determinar la curva de crecimiento en cada una de las especies en estudio, así como para usarla como criterio de cosecha.

g) La finalización del experimento fue el día 24 de febrero de 1975, con la extracción de la parte aérea y radicular de las plantas de cada una de las macetas. La ex

tracción de la parte radicular de las plantas se efectuó con la ayuda de una corriente de agua a presión y de un juego de tamices, con el fin de recuperar el máximo número de éstas.

- h) La evaluación de la parte aérea y radicular de las plantas se efectuó empleando el diseño estadístico de Completo al Azar con distribución en factorial, usando la prueba de Tuckey para la determinación de la significación estadística.
- i) Posteriormente a la cosecha, fueron efectuados análisis foliares y radiculares de fósforo, aluminio, calcio, magnesio, manganeso y zinc, cuyos resultados fueron analizados estadísticamente. Paralelamente a ello se realizó la determinación del pH en cada una de las macetas.
- j) Con el fin de determinar el efecto residual de cada uno de los suelos, se sembraron semillas de maíz PM-204 en medio kilo de tierra proveniente de cada una de las macetas. Se sembraron veinte semillas de las que quedaron doce luego de efectuado el desahije a los quince días.
- k) La cosecha del maíz se efectuó al mes de sembrado con la extracción de la parte aérea, la que fue evaluada.

#### IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### I. Observaciones registradas en el Lapso del Experimento

Durante el tiempo que duró el experimento fueron efectuadas diferentes observaciones, tanto visuales como de crecimiento en altura, para cada una de las especies en los tratamientos.

##### I.1 Observaciones visuales

En líneas generales el Panicum maximum y el Centrosema pubescens desarrollados en el suelo de Iquitos fueron las especies que dieron mejores respuestas en relación con su reacción a las condiciones de acidez de los suelos.

1.1.1 Desmodium uncinatum, es la especie más sensible a las condiciones de acidez de los suelos, ya que tuvieron un reducido crecimiento e incluso las que pertenecieron a los tratamientos de mayor acidez se marchitaron antes de la finalización del experimento. (Cuadro 1).

Las plantas desarrolladas en el suelo de Iquitos visualmente crecieron mejor que las del suelo de Tingo María, ello posiblemente por las mejores condiciones físicas y químicas presentadas por el suelo de Iquitos (Cuadro 20), aún así las pertenecien

tes al tratamiento de mayor acidez, presentaron síntomas de desnutrición general que las condujeron a una muerte prematura. En el caso de las plantas desarrolladas en el suelo de Tingo María, éstas presentaron síntomas de deficiencia de fierro ferroso o asimilable por las plantas, ya que se notó un blanqueamiento de las partes apicales de las plantas, (Moreno, 1975; Jacob y Uexkull, 1965), lo que se encuentra asociado con una alta concentración de manganeso en forma divalente en el suelos. (Mulder et al, 1952).

**1.1.2 Centrosema pubescens**, visualmente esta especie leguminosa se desarrolla bien en los suelos de alta concentración de aluminio, observado en el suelo de Iquitos, pero en los tratamientos de alta concentración de manganeso su desarrollo se vio restringido, caracterizado por síntomas de deficiencia nutricional, principalmente relacionados con la del fierro, notándose el efecto del nivel de encalado, ya que los efectos visuales de deficiencias nutricionales fueron disminuyendo conforme se incrementó el nivel de encalado.

Asimismo se han observado síntomas de deficiencia de magnesio, principalmente en los tratamientos de mayor nivel de encalado, caracterizado por una clorosis intervenal en las hojas (Jacob y Uexkull, 1965), posi-

blemente producida por la relación antagónica de este elemento con el calcio ocurrida en el suelo. (Gaucher, 1971).

**1.1.3 Panicum maximum**, fue la especie que mejor apariencia mostró, principalmente la desarrollada en el suelo de Tingo María aun cuando en los tratamientos de mayor acidez se notaron síntomas de deficiencia de calcio, caracterizado por un ahilamiento de sus partes apicales (Jacob y Uexkull, 1965), posiblemente producido por la mayor disponibilidad de elementos como el aluminio y manganeso, lo que trae como consecuencia que la planta demande una mayor absorción de calcio, puesto que es considerado como elemento antitóxico. (Lora y Riveros, 1971).

## **1.2 Medidas de crecimiento (altura en centímetros por semana)**

Se ha observado (Cuadro 1) que el crecimiento se encuentra directamente relacionado con el nivel de encalamiento (excepto en el Panicum maximum desarrollado en el suelo de Tingo María), pero los incrementos semanales en altura no fueron proporcionales, habiéndose obtenido curvas características de creciente sólo en el caso del Panicum maximum (Gráfico 3), y en el caso del Centrosema pubescens desarrollado en el suelo de Iquitos (Gráfico 2). Las plantas del Desmodium uncinatum y del Centrosema pubescens -

CUADRO 1.- CRECIMIENTO EN ALTURA -CENTIMETROS- DEL CENTROSEMA pubescens (C), DESMODIUM uncinatum (D) Y PANICUM maximum (PC) OBSERVADOS SEMANALMENTE EN DOS SUELOS ACIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO.

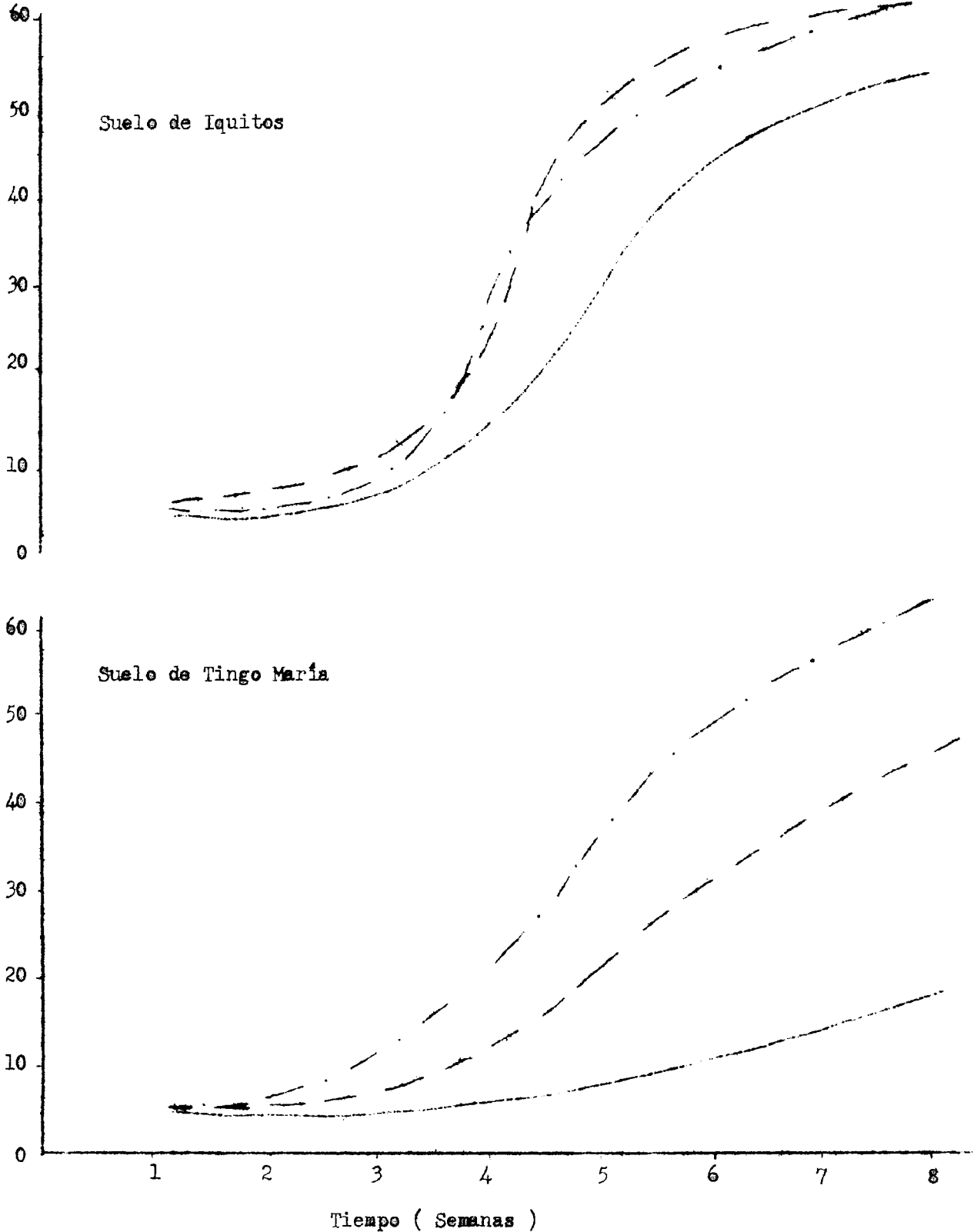
Suelo de Tingo María (TM)

Cal	<u>-2 TM CO<sub>3</sub>Ca/ha</u>			<u>0 TM CO<sub>3</sub>Ca/ha</u>			<u>+2 TM CO<sub>3</sub>Ca/ha</u>		
	C	D	PC	C	D	PC	C	D	PC
Especie									
Semana									
1	4.7	2.9		4.9	2.8		5.2	3.0	
2	5.5	3.4		7.0	3.4		7.0	4.2	
3	5.6			6.6	3.8		7.4	5.1	
4	6.7		10.7	8.8	4.2	21.1	19.2	6.2	20.4
5	9.6		23.4	21.4	5.0	39.4	37.6	6.8	39.1
6	12.0		40.6	29.5	5.6	53.8	50.0	7.7	54.3
7	13.6		52.8	37.9	6.5	58.0	53.4	9.2	54.8
8	18.0		56.2	45.4	7.3	58.8	63.0	11.2	55.3

Suelo de Iquitos (I)

Cal	<u>-2 TM CO<sub>3</sub>Ca/ha</u>			<u>0 TM CO<sub>3</sub>Ca/ha</u>			<u>+2 TM CO<sub>3</sub>Ca/ha</u>		
	C	D	PC	C	D	PC	C	D	PC
Especie									
Semana									
1	4.7	2.8		5.0	3.2		5.0	3.3	
2	5.2	3.2		7.2	4.2		6.8	4.5	
3	6.4	3.8		7.1	5.4		6.6	5.3	
4	6.8	4.6	11.6	23.0	6.8	15.6	27.6	6.2	19.3
5	30.0	6.3	24.5	48.1	9.1	34.7	48.6	8.3	40.6
6	45.0	7.1	43.4	59.6	12.8	53.0	50.2	11.3	57.
7	47.6		49.6	62.4	15.3	53.2	59.4	13.1	58.
8	54.0		50.4	62.0	16.7	53.4	64.1	16.4	58.

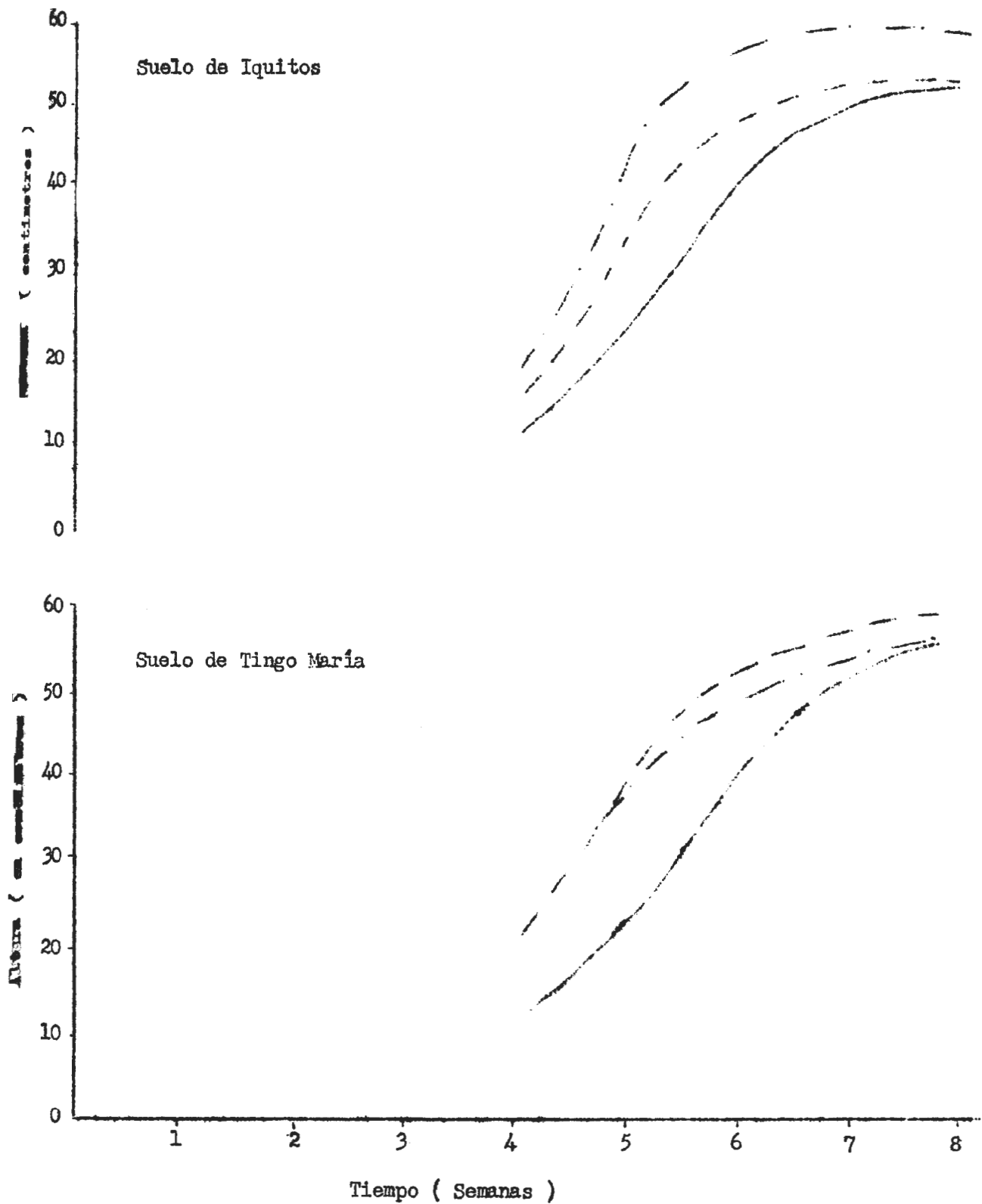




Leyenda:

- - 2 TM CO<sub>3</sub> Ca / Ha
- 0 TM CO<sub>3</sub> Ca / Ha
- .-.-.-.- + 2 TM CO<sub>3</sub> Ca / Ha

Gráfico N° 2.- Curvas de crecimiento (altura en centímetros) del Centrosema pubescens, obtenidas en dos suelos ácidos bajo diferentes niveles de encalado.



Leyenda:

- - 2 TM CO<sub>3</sub>Ca /Ha
- 0 TM CO<sub>3</sub>Ca /Ha
- .-.-.-.- + 2 TM CO<sub>3</sub>Ca /Ha

Gráfico N° 3.- Curvas de crecimiento (altura en centímetros) del Panicum maximum, obtenidas en dos suelos ácidos bajo diferentes niveles de encalado.

-desarrollado en el suelo de Tingo María- han sufrido restricciones en su normal crecimiento posiblemente debido a las adversas condiciones presentadas por los suelos ácidos. (Gráficos 1 y 2).

## 2. Rendimientos en Materia Seca

### 2.1 Especies leguminosas

En este acápite se han tenido en consideración tres variables, y éstas son:

#### 2.1.1 Suelos.

Los resultados obtenidos en el suelo de Iquitos fueron superiores en forma altamente significativa, a los alcanzados en el suelo de Tingo María, tanto en los correspondientes a los resultados en la parte aérea como en la parte radicular. (Cuadro 2).

Los resultados observados son factibles de explicar si se tiene en consideración las características tanto físicas como químicas apreciadas para ambos suelos (Cuadro 20). Así se ve que el suelo de Iquitos se caracteriza por presentar una mejor aireación,

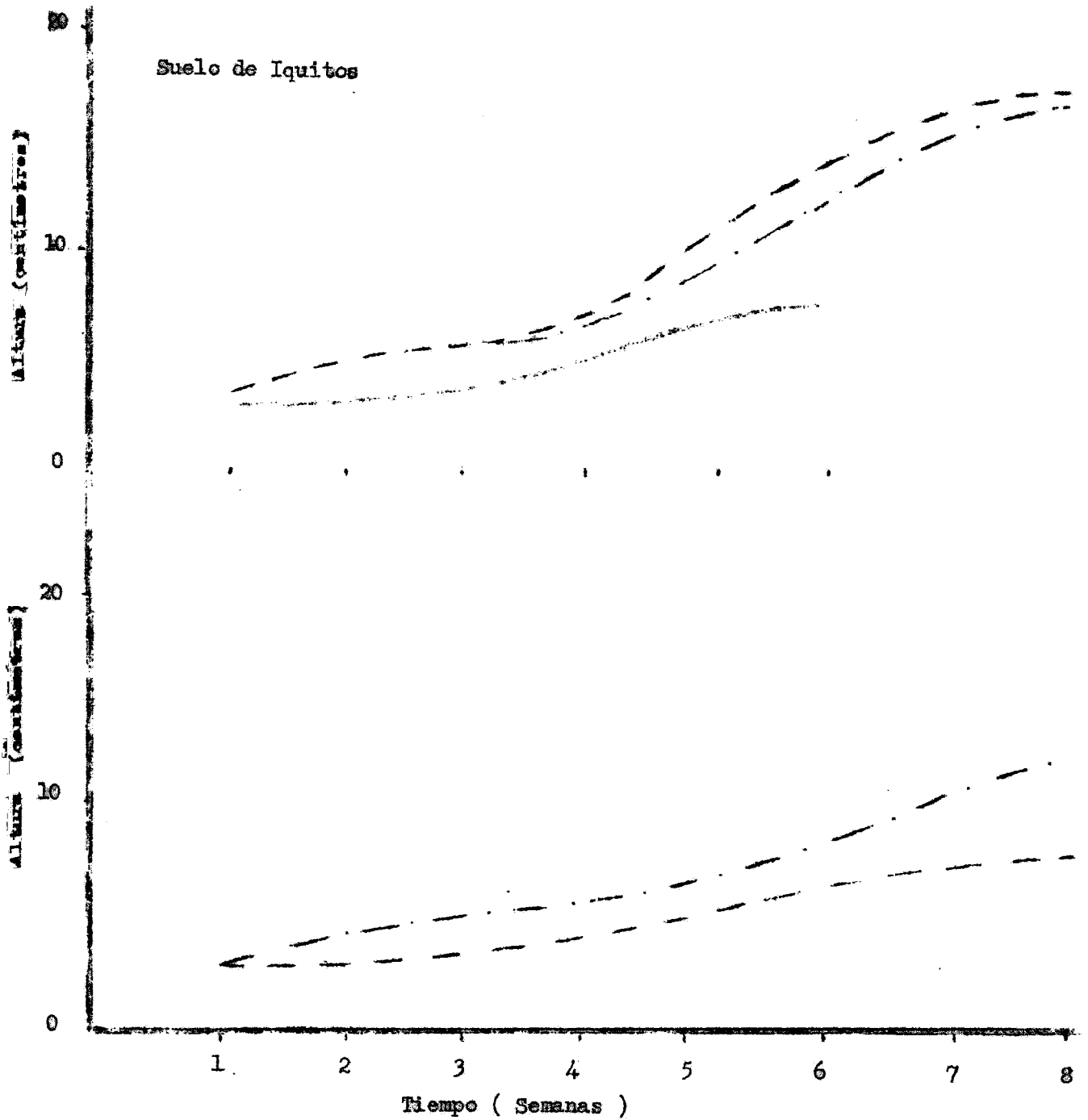
drenaje y una mayor concentración de materia orgánica, mientras que el suelo de Tingo María, se caracteriza por su alta concentración de manganeso cambiante, elemento que considerado como tóxico en altas concentraciones. (Truong et al, 1972).

### 2.1.2 Especie

La producción de materia seca obtenida en el Centrosema pubescens fue estadísticamente superior a los obtenidos en el Desmodium uncinatum. (Cuadro 3).

Estos resultados obtenidos hacen pensar que el Centrosema pubescens se caracteriza básicamente por su alta rusticidad a la deficiencia de agua (Johnson, 1972), así como a las condiciones características de los suelos ácidos (Semple, 1972). Asimismo, se comprueba la gran susceptibilidad, a deficiencias de agua y a las adversas condiciones presentadas por los suelos ácidos, por parte del Desmodium uncinatum. (Thompson, 1968; Semple, 1972).

Suelo de Iquitos



Leyenda:

- -2 TM CO<sub>3</sub>Ca / Ha
- 0 TM CO<sub>3</sub>Ca / Ha
- .....+2 TM CO<sub>3</sub>Ca / Ha

Gráfico N° 1.- Curvas de crecimiento (altura en centímetros) del Desmodium uncinatum obtenidas en dos suelos ácidos bajo diferentes niveles de encalado.

CUADRO 2.- RENDIMIENTOS EN MATERIA SECA OBTENIDOS EN ESPECIES LEGUMINOSAS DESARROLLADAS EN DOS SUELOS ACIDOS (gr/kilo de suelo)

Planta Suelo	Iquitos	Tingo María
Parte aérea	6.39 **	2.27
Parte radicular	1.34 **	0.30

\*\* Diferencias altamente significativas.

CUADRO 3.- RENDIMIENTOS EN MATERIA SECA DE DOS ESPECIES DE LEGUMINOSAS DESARROLLADAS EN SUELOS ACIDOS (gr/kilo de suelo)

Planta Suelo	<u>Centrosema pubescens</u>	<u>Desmodium uncinatus</u>
Parte aérea	5.66 **	2.80
Parte radicular	0.89 **	0.75

\*\* Diferencias altamente significativas

### 2.1.3 Encalamiento

Los rendimientos expresados en producción de materia seca, se encuentran directamente relacionados con el incremento del nivel de encalamiento, llegando las diferencias a alcanzar la significación estadística, (Cuadro 4).

Como bien se sabe un alto porcentaje de leguminosas se caracterizan por desarrollar mejor en niveles cercanos a la neutralidad. (Truong et al, 1971; Bernal, 1972). No conociéndose aún si este mejor desarrollo de las leguminosas es debido a un efecto de la incorporación de iones oxidrilos al suelo, de calcio o una acción combinada de ambos. Ya que el calcio, tiende a bloquear la actividad del aluminio y manganeso (Misra Misra, 1972; Lora y Riveros, 1972; Gaucher, 1971), que son los elementos más comunes en los suelos ácidos. (Estrada, 1971; Villachiza, 1973). Mientras que los oxidrilos se caracterizan por precipitar al aluminio, de manera que su efecto tóxico se reduce, permitiendo una normal absorción de elementos nutritivos, de allí que se considere una relación entre la absorción de elementos y el pH del suelo. (Thompson, 1968; Gau-

cher, 1971). Aparte de la acción antitóxica del calcio, se debe tener en consideración su acción como mejorador de las condiciones físicas de los suelos. (Gaucher, 1971).

#### 2.1.3.1 Efecto del nivel de encalamiento en la especie:

Los rendimientos en materia seca tanto para el centro, como para el desmodio, son directamente proporcionales a los niveles de encalamiento, alcanzándose diferencias estadísticamente significativas para la prueba de Tuckey. A nivel de parte aérea, los rendimientos obtenidos en el Centro fueron estadísticamente superiores a los del Desmodio. (Cuadro 5).

Con estos resultados se corrobora, la mayor rusticidad reportada para el Centrosema pubescens a las condiciones de acidez de los suelos. (Thompson, 1972). Objetivamente, ello se traduce en un buen desarrollo radicular, principalmente en los niveles de mayor acidez, en comparación con el observado en el desmodio, en el que se notó la destrucción de las partes apicales



**CUADRO 4.- EFECTO DEL NIVEL DE ENCALADO EN LA PRODUCCION DE MATERIA SECA DE DOS ESPECIES LEGUMINOSAS DESARROLLADAS EN SUELOS ACIDOS (gr/kilo/suelo)**

Nivel de encalamiento	CO <sub>3</sub> Ca -2 TM/ha	CO <sub>3</sub> Ca/ 0 TM/ha	CO <sub>3</sub> /Ca +2 TM/ha
Parte aérea	1.53*	4.63*	6.53*
Parte radicular	0.27*	0.97*	1.22*

**CUADRO 5.- EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE ENCALAMIENTO EN LA PRODUCCION DE MATERIA SECA DE DOS ESPECIES DE PASTOS DESARROLLADOS EN SUELOS ACIDOS (gr/Kg/suelo)**

Especie	<u>Desmodium uncinatum</u>			<u>Centrosema pubescens</u>			
	Encalado CO <sub>3</sub> Ca/ha	-2	0	+2	-2	0	+2
<u>Planta</u>							
Parte aérea	0.09*	3.43*	4.88*	2.97**	5.84**	8.19	
Parte radicular	0.02	1.06	1.17**	0.57	0.88	1.27**	

\* Diferencia estadísticamente significativa entre especies.

\*\* Diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos dentro de una misma especie.

den una inhibición de las raíces secundarias, lo que va a repercutir en una brusca reducción en la absorción de los elementos nutritivos. (Klimashevsky, 1972; Clarckson, 1967 citados por Vilgabies, 1973).

#### 1.1.3.2 Efecto del nivel de encalamiento sobre el suelo usado:

Los rendimientos en producción de materia seca obtenidos en ambos suelos se relacionan directamente con los niveles ascendentes de encalamiento, alcanzando sus diferencias la significación estadística para la prueba de Tuckey. Asimismo, la producción en materia seca obtenida en los suelos de Iquitos fueron estadísticamente superiores a los obtenidos en el suelo de Tingo María, como se indica en el Cuadro 6.

En estos resultados se debe tener en consideración que al incrementar el nivel de encalado-la precipitación de elementos tóxicos presentes en el suelo se acrecenta, disminuyendo de esta manera el efecto negativo que presentan estos elementos en la normal absorción de elementos nutritivos. (Kamprath, 1973). De acuerdo con las características presentadas por el suelo de Iquitos (Cuadro 20), se explica

la mayor producción de materia seca obtenida en estos suelos.

## 2.2. Gramíneas

### 2.2.1 Efecto del nivel de encalado y el tipo de suelo en la producción de materia seca en el Panicum maximum

La producción de materia seca en los niveles de mayor encalamiento fueron estadísticamente superiores para la prueba de Tuckey, a los obtenidos en el nivel de mayor acidez, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre las producciones logradas en ambos suelos, tal como se observa en el Cuadro 7.

Los altos rendimientos en la producción de materia se ca obtenidos en el Panicum maximum, son debidos a la alta rusticidad presentada por esta especie a las ad versas condiciones características en los suelos ácidos (Troung et al 1973; Johnson, 1972), e incluso como se puede observar en el Cuadro 7, requiere de una alta concentración de manganeso disponible en el suelo para lograr sus máximas producciones.

En los niveles de mayor acidez la producción de materia seca es baja en comparación con los niveles de ma yor encalado. Ello se debe posiblemente a un exceso

CUADRO 6.- EFECTO DEL NIVEL DE ENCALADO EN LA PRODUCCION DE MATERIA SECA EN ESPECIES LEGUMINOSAS DESARROLLADAS EN DOS SUELOS ACIDOS. (gr de materia seca/Kilo de Suelo)

Suelo	TINGO MARIA			IQUITOS		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
Nivel de Encalamiento	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
<u>Planta</u>						
Parte aérea	0.16*	1.75**	4.90*	2.90	7.52**	8.17*
Parte radicular	0.04	0.22**	0.63**	0.49	1.72**	1.82**

CUADRO 7.- EFECTO DEL NIVEL DE ENCALADO EN LA PRODUCCION DE MATERIA SECA DEL *Panicum maximum* (PASTO CASTILLA) OBTENIDA EN SUELOS ACIDOS. (gr de materia seca/kilo de suelo)

Suelo	TINGO MARIA			IQUITOS		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
Nivel de encalamiento	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
<u>Planta</u>						
Parte aérea	11.09	17.63	16.84**	10.42*	14.67**	14.85**
Parte radicular	5.03	5.30**	5.07	4.38	5.35**	5.16**

en la concentración de aluminio y/o de manganeso, los que al competir con los elementos nutricionales presentes en el suelo ocasionarían una desnutrición general en la planta. Es así como se han observado síntomas visuales de deficiencia de calcio (Moreno, 1975) y de magnesio (Jacob y Uexkull, 1965).

### 3. Nutrición Mineral de las Plantas

Tratando de observar el efecto de los diferentes niveles de encalado de dos suelos ácidos sobre la nutrición mineral de dos especies leguminosas (Centrosema pubescens y Desmodium uncinatum) y una especie gramínea (Panicum maximum) se ha determinado la concentración de elementos como el aluminio, fósforo, calcio, magnesio, manganeso y zinc, tanto en la parte radicular como en la parte aérea de las diferentes especies, tratando de incidir sobre la absorción y traslocación de estos elementos.

#### 3.1 Fósforo

El efecto presentado por la acidez de los suelos se deja notar más claramente en el desarrollo de las especies leguminosas, en las que se ha observado que a medida que se incrementa la acidez de los suelos o disminuye el valor del pH, la absorción de fósforo se incrementa, pero su traslocación hacia las partes aéreas se reduce. En el Panicum maximum no se ha encon

trado relación alguna respecto a la concentración de fósforo y el valor del pH.

### 3.1.1 Especies leguminosas

De una manera general se puede decir que los niveles de encalamiento se relacionan en forma directa con las concentraciones de fósforo en la parte aérea de las plantas, pero en forma indirecta con las concentraciones de fósforo a nivel radicular.

#### 3.1.1.1 Efecto de los niveles de encalado en la concentración de fósforo en plantas desarrolladas en dos suelos ácidos.

Las concentraciones de fósforo en la parte aérea de las plantas desarrolladas en los niveles de mayor encalado, fueron estadísticamente superiores para la prueba de Tuckey, a los obtenidos en los dos niveles de mayor acidez, estos resultados se observaron en los dos suelos en estudio. Las concentraciones apreciadas en las plantas desarrolladas en ambos suelos, no tuvieron diferencias estadísticas. Igualmente, no existieron

diferencias estadísticas en las concentraciones de fósforo en la parte radicular, observadas en los diferentes niveles de encalado. (Cuadro 8).

Considerando que el encalado de los suelos ácidos trae como consecuencia la precipitación de elementos como el aluminio y fierro que son los que van a producir la inmovilización o precipitación del fósforo, se puede concluir que al incrementarse el nivel de encalado la disponibilidad de fósforo en el suelo es mayor (Pa Ho Hsu, 1965; Estrada, 1971). De acuerdo con lo mencionado por Villagarcía (1975) el aluminio puede reaccionar con el fósforo a nivel radicular de la planta, formando compuestos insolubles por lo que su traslocación hacia las partes apicales se ve reducida.

De esta manera, al aumentarse el nivel de encalado existe una mayor precipitación de los elementos predominantes en los suelos ácidos evitando la formación de compuestos fosforados insolubles en la parte radicular de las plantas, restituyéndose una normal traslocación hacia las partes aéreas y por consiguiente una mayor concentración.

La menor concentración de fósforo en las plantas desarrolladas en el suelo de Tingo María, podría ser debi

da a que estos suelos se caracterizan por presentar una alta concentración de manganeso disponible (Cuadro 20), siendo este elemento un bloqueo para la normal absorción del aluminio (reportado por Gaucher, 1971).

### 3.1.1.2 Efecto del nivel de encalado sobre la concentración de fósforo en dos especies desarrolladas en suelos ácidos

No existen diferencias estadísticas entre las concentraciones de fósforo determinadas entre las especies leguminosas, dentro de un mismo nivel de encalado, pero sí se ha encontrado diferencias estadísticas para la prueba de Tuckey entre las concentraciones obtenidas para cada nivel de encalado en ambas especies. En ambas especies también se observa la tendencia a disminuir la concentración radicular de fósforo conforme se incrementa el nivel de encalado. Ello puede ser observado en el Cuadro 9.

Como se puede apreciar el Centrosema pubescens desarrolla un mecanismo más efectivo en la absorción y traslocación de fósforo, ya que su menor concentración a nivel radicular en comparación con la observada en el Desmodium uncinatum, hace pensar que la formación de compuestos insolubles de fósforo a ni-



CUADRO 8.- CONCENTRACIONES DE FOSFORO EN PLANTAS DESARROLLADAS EN DOS SUELOS ACIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO (%)

Suelo	TINGO MARIA			IOUITOS		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
Nivel de encalamiento						
<u>Planta</u>						
Parte aérea	0.21	0.22	0.36**	0.37	0.37	0.41
Parta radicular		0.05	0.07	0.28	0.20	0.15

CUADRO 9.- CONCENTRACION DE FOSFORO EN DOS ESPECIES LEGUMINOSAS DESARROLLADAS EN SUELOS ACIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO (%)

Especie	Desmodio			Centro		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
Nivel de encalamiento						
<u>Planta</u>						
Parte aérea		0.24*	0.40**	0.29	0.35**	0.37**
Parta radicular		0.24**	0.15	0.28**	0.10	0.07

vel radicular que impiden la normal traslocación de este elemento es menor. Estos resultados son corroborados por diferentes autores quienes manifiestan que el Centrosema pubescens es una especie rústica a las condiciones de acidez de los suelos y se comporta mejor que el Desmodium uncinatum. (Johnson, 1972; Semple, 1972; Andrew, 1971).

### 3.1.2 Especie Gramínea (Panicum maximum)

Si bien esta especie es la que mayor producción de materia seca ha tenido, sus concentraciones de fósforo son relativamente bajas en comparación con las determinadas en las especies leguminosas. No se han encontrado diferencias estadísticas entre las concentraciones de fósforo determinadas en los diferentes niveles de encalado en cada uno de los suelos. (Cuadro 10).

Estos resultados confirman lo reportado por Johnson (1972); Troung et al (1972), quienes indican que la especie gramínea en estudio es muy resistente a las condiciones ácidas de los suelos, particularmente a las altas concentraciones de manganeso disponible en los suelos.

## 3.2 Aluminio

### 3.2.1 Especies leguminosas

En estas especies de una manera general se ha observado que la concentración de aluminio en la parte radicular es superior a las concentraciones obtenidas en las partes aéreas. Ello ocurre pues el aluminio es considerado como un elemento de lenta movilidad en el interior de la planta, asimismo las diferentes especies de plantas tienden a desarrollar un mecanismo de protección cuando este elemento se encuentra en concentraciones tóxicas en el suelo, absorbiendo otros elementos considerados antitóxicos que inhiben su normal traslocación hacia las partes apicales. (Villagarcía, 1973; Lora y Riveros, 1971).

#### 3.2.1.1 Efecto del nivel de encalado en la concentración de aluminio en plantas desarrolladas en dos suelos ácidos (ppm)

De acuerdo con los resultados observados en el Cuadro 11, las concentraciones se encuentran inversamente relacionadas con los niveles de encalado, alcanzando sus diferencias la significación estadística

para la prueba de Tuckey. Asimismo las concentraciones de aluminio en la parte aérea de las plantas desarrolladas en el suelo de Tingo María fueron estadísticamente inferiores a las observadas en el suelo de Iquitos, aún cuando en su concentración de aluminio en la parte radicular de las plantas la situación es inversa. Ello puede ser apreciado en el Cuadro 11.

Los resultados observados en el Cuadro 11 pueden ser debido a la alta concentración de manganeso disponible en el suelo de Tingo María (Cuadro 20), elemento que se bloquea mutuamente con el aluminio, de allí que si bien la concentración de aluminio sea alta en la parte radicular su traslocación se vea dificultada. (Gaucher, 1971). A ello se debe añadir que la concentración de calcio cambiante en el suelo de Tingo María es también superior al del suelo de Iquitos, teniendo este elemento la característica de anular los efectos del aluminio, inhibiendo su normal traslocación. (Lora y Riveros, 1971).

Conforme se incrementa el nivel de encalado en el suelo, la disponibilidad de aluminio para la planta es menor, de allí que las concentraciones de este elemento se relacionen en forma inversa con el nivel de encalado.

CUADRO 10.- CONCENTRACIONES DE FOSFORO EN PLANTAS DE Panicum maximum DESARROLLADAS EN DOS SUELOS ACIDOS (%)

Suelo	TINGO MARIA			IQUITOS		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
<u>Planta</u>						
Parte aérea	0.13	0.16	0.16	0.21	0.16	0.17
Parte radi- cular	0.16	0.16	0.14	0.19	0.17	0.17

CUADRO 11.- EFECTO DE LOS DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO EN LA CONCENTRACION DE ALUMINIO EN PLANTAS DESARROLLADAS EN DOS A SUELOS ACIDOS (ppm)

Suelo	TINGO MARIA			IQUITOS		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
<u>Planta</u>						
Parte aérea	212.6*	271.3**	214.6*	601.2**	577.9**	472.3
Parte radi- cular		8186.7**	4733.3	6625.5**	4642.5	4145.8

\* Diferencia estadística entre la concentración de ambos suelos.

\*\* Diferencias estadísticas entre los niveles de encalado para cada suelo.

**3.2.1.2 Efecto del nivel de encalado en la concentración de aluminio en dos especies de leguminosas desarrolladas en suelos ácidos (ppm)**

La concentración de aluminio en la parte aérea del Centrosema pubescens fue estadísticamente inferior a la determinada para el Desmodium uncinatum aún cuando la concentración radical de aluminio en el Centro fue estadísticamente superior para la prueba de Tuckey a la encontrada en el Desmodio. Estos resultados pueden ser visualizados en el Cuadro de Resultados No.12.

Los resultados indican que el Centrosema pubescens es una especie adaptable a suelos ácidos, ya que desarrolla un mecanismo de neutralización del aluminio presente en el suelo evitando su traslocación hacia las partes aéreas de las plantas. Se puede decir que a nivel radical se forman compuestos complejos de aluminio con elementos como el fósforo, calcio, magnesio, que inhiben su traslocación hacia la parte aérea. (Pa Ho Hsu, 1965).

**3.2.2 Especie gramínea (Panicum maximum)**

Estadísticamente no se han encontrado diferencias pa

ra la prueba de Tuckey, entre las concentraciones de aluminio determinadas en cada tratamiento. La tendencia observada es disminuir la concentración del aluminio conforme se incrementa el nivel de encalado. Estos resultados son explicables ya que la especie gramínea en estudio es muy rústica a las condiciones de acidez de los suelos, requiriendo de elementos en concentraciones relativamente altas, que para otras especies pueden ser tóxicas.

### 3.3 Calcio y magnesio

No se han encontrado diferencias significativas para la prueba de Tuckey entre las concentraciones determinadas en los diferentes tratamientos.

La tendencia observada es la de obtener una mayor concentración tanto de calcio como de magnesio, cuando los niveles de encalado son extremos. Esto ocurre pues a mayor nivel de encalado la disponibilidad de calcio en el suelo asimilable por la planta es mayor, mientras que a menor nivel de encalado, se supone que la concentración de los elementos predominantes en los suelos ácidos es superior. La planta al absorber elementos como el aluminio y el manganeso, éstos pueden ser precipitados a nivel radicular principalmente por acción de elementos como el calcio y magnesio, los que han sido absorbidos por la planta como respuesta a la mayor absorción de elementos tóxicos por la planta (mencionado por Villagarcía,

1973).

## 1.4 Manganese

### 3.4.1 Especies leguminosas

De una manera general se ha observado que las concentraciones de manganeso disminuyen conforme se incrementa el nivel de encalado, ello sucede pues al incrementarse el nivel de encalado se favorecen las reacciones de oxidación del manganeso por las que pasa de su forma divalente o asimilable por las plantas, a su forma tetravalente o inmóvil en el suelo. (Mulder, 1952; Simen, 1972; Fassbender y Roldán, 1973).

#### 3.4.1.1 Efecto del nivel de encalado en la concentración de manganeso en plantas desarrolladas en dos suelos ácidos.

Las concentraciones de manganeso encontradas en las plantas desarrolladas en el suelo de Tingo María son estadísticamente superiores para la prueba de Tuckey, a las determinadas en el suelo de Iquitos. Asimismo, en las plantas desarrolladas en el suelo de Tingo María donde se han encontrado diferencias estadísticas entre



los diferentes niveles de encalado. (Cuadro 13).

Los resultados han sido esperados, pues es el suelo de Tingo María el que presenta una mayor concentración de manganeso disponible en el suelo (Cuadro 20), de manera que los efectos de la aplicación de carbonato de calcio sean más contundentes, ya que como reporta Fassbender y Roldán (1973), al incrementarse el pH o reacción del suelo por aplicación de un material encalante el manganeso tiende a inmovilizarse debido a la oxidación del manganeso divalente, predominante en los suelos ácidos.

#### 3.4.1.2 Efecto del nivel de encalado en la concentración de manganeso de dos especies de leguminosas desarrolladas en suelos ácidos.

Las concentraciones de manganeso encontradas en la especie Desmodium uncinatum fueron estadísticamente superiores para la prueba de Tuckey a las determinadas para el Centrosema pubescens. De la misma manera, se han encontrado diferencias estadísticas entre las concentraciones determinadas en los diferentes niveles de encalado en ambos suelos.

CUADRO 12.- CONCENTRACION DE ALUMINIO EN DOS ESPECIES DE LEGUMINOSAS DESARROLLADAS EN SUELOS ACIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO (ppm)

Especie	DESMODIO			CENTRO		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
<u>Planta</u>						
Parte aérea		546.0 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	453.1 <sup>*</sup>	406.8 <sub>**</sub>	273.1	233.8
Parte radicular		3018.3 <sup>*</sup>	3112.5 <sup>*</sup>	6625.0	7192.7	5766.7

CUADRO 13.- CONCENTRACIONES DE MANGANESO EN PLANTAS DESARROLLADAS EN DOS SUELOS ACIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO (ppm)

Suelos	TINGO MARIA			IQUITOS		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	-2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
<u>Planta</u>						
Parte aérea	9625.0 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	4764.6 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	971.5 <sup>*</sup>	206.8	204.2	122.3
Parte radicular		925.3 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	370.3 <sup>*</sup>	27.0	41.7	51.7

\* Diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio teniendo como variable el suelo.

\*\* Diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de encalado para cada suelo.

(Cuadro 14).

Observando el Cuadro de Resultados No.14 se puede decir que el Desmodio no desarrolla un buen mecanismo para evitar o reducir la normal traslocación del manganeso hacia las partes apicales, pues estudiando las concentraciones determinadas en el Centro se tiene que si bien las concentraciones en la parte radicular son altas, las concentraciones aéreas de manganeso son inferiores, comparadas con las del Desmodio. Esto corrobora lo manifestado por Johnson (1972) que indica que el Centro es una especie tolerante a las adversas condiciones de acidez de los suelos a diferencia del Desmodio que es una especie de mayor susceptibilidad.

#### 3.4.2 Especie gramínea: Panicum maximum

Las concentraciones de manganeso en las plantas desarrolladas en el suelo de Tingo María fueron estadísticamente superiores a las determinadas en el suelo de Iquitos. Asimismo, las concentraciones de manganeso son inversamente proporcionales a los niveles de encañado, alcanzando sus diferencias la significación estadística. (Cuadro 15).

**CUADRO 14.- CONCENTRACIONES DE MANGANESO EN DOS ESPECIES DE LEGUMINOSAS DESARROLLADAS EN SUELOS ACIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO (ppm)**

Especie	DESMODIO			CENTRO		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> /Ca		
	- 2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	- 2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
<u>Planta</u>						
Parte aérea		3325.8 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	616.1 <sup>*</sup>	4915.4 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	1642.9 <sub>**</sub>	478.0
Parte radicular		32.23	254.5	27.0	437.7	167.5

**CUADRO 15.- CONCENTRACIONES DE MANGANESO EN EL Panicum maximum DESARROLLADOS EN DOS SUELOS ACIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO (ppm)**

Suelo	TINGO MARIA			IQUITOS		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
	- 2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha	- 2TM/ha	0TM/ha	+2TM/ha
<u>Planta</u>						
Parte aérea	1358 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	989 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	313 <sup>*</sup>	96	211	112
Parte radicular	1076 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	629 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	379 <sup>*</sup>	190	146	73

En estos resultados es conveniente tener en conside ración que en el nivel de 0 toneladas de carbonato de calcio por hectárea en el suelo de Tingo María se han obtenido los mejores rendimientos en producción de materia seca (Cuadro 6). Los datos así obtenidos corroboran con lo manifestado por diferentes autores en el sentido de la alta rusticidad presentada por la especie en estudio a las condiciones de acidez de los suelos, principalmente a las altas concentracio- de manganeso en el suelo. (Troung et al, 1972).

De acuerdo con los resultados parece que la habili- dad que desarrolla esta especie es en la parte exter na a la planta, pues sus concentraciones de mangane- so en la parte radicular son bajas en comparación con las determinadas en las leguminosas. (Cuadro 16). Uno de estos mecanismos podría relacionarse con una mayor respiración de las raíces, de manera que al reaccionar el anhídrido carbónico con el a- gua del suelo permite la formación de aniones de bi carbonato, los que son considerados como reguladores del pH alrededor del sistema radicular a un rango aproximado de 5,5 de manera que se facilita la oxi- dación del manganeso divalente (reportado por Villa- garcía, 1973).

## 3.5 Zinc

### 3.5.1 Especies leguminosas

Las concentraciones foliares de zinc son inversamente proporcionales a los niveles ascendentes de encalado, alcanzando sus diferencias la significación estadística para la prueba de Tuckey. Asimismo, las concentraciones foliares determinadas en el Centro fueron estadísticamente superiores a las determinadas en el Desmodio.

#### 3.5.1.1 Efecto del nivel de encalado en la concentración de zinc en plantas desarrolladas en dos suelos ácidos.

Las concentraciones de zinc en las plantas desarrolladas en el suelo de Tingo María fueron estadísticamente superiores a las determinadas en el suelo de Iquitos. (Cuadro 16).

La mayor absorción de zinc en los niveles de mayor acidez de los suelos posiblemente se encuentre relacionada con una mayor precipitación de elementos como el fósforo (Pa Ho Hsu, 1965) que interaccionan con el zinc en forma negativa (reportado por Gaucher,

1971). Ello se podría corroborar en el sentido de que la absorción del zinc por parte de las plantas desarrolladas en el suelo de Iquitos fue menor, debido a que en este suelo las concentraciones de manganeso divalente y de posible fierro trivalente fueron bajas (Cuadro 20), lo que trajo como consecuencia que el fósforo reaccionara con el zinc formando compuestos precipitados insolubles para la planta. (Gaucher, 1971).

### 3.5.1.2 Efecto del encalado en la concentración de zinc en dos especies de leguminosas desarrolladas en suelos ácidos.

No se han encontrado diferencias significativas entre las concentraciones de zinc determinadas para las dos especies, sin embargo la tendencia es a que el Centro concentre una mayor cantidad de este elemento. En ambas especies se ha encontrado una relación inversa entre los niveles de encalado y las concentraciones de zinc, alcanzando sus diferencias la significación estadística, tal como puede apreciarse en el Cuadro 17.

No se han encontrado diferencias estadísticas para la prueba de Tuckey entre las concentraciones de zinc determinadas en los diferentes tratamientos.

CUADRO 16.- CONCENTRACIONES DE ZINC EN PLANTAS DESARROLLADAS EN DOS SUELOS ACIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO (ppm)

Suelo	TINGO MARIA			IQUITOS		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> Ca		
Nivel de enca-lamiento	- 2TM/ha	0TM/ha	+ 2TM/ha	- 2TM/ha	0TM/ha	+ 2TM/ha
<b>Planta</b>						
Parte aérea	86.5 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	68.0 <sup>*</sup> <sub>**</sub>	44.8 <sup>*</sup>	46.7 <sub>**</sub>	33.3 <sub>**</sub>	29.3
Parte radi-cular		100.0	82.7	27.0	41.7	51.7

CUADRO 17.- CONCENTRACIONES DE ZINC EN DOS ESPECIES LEGUMINOSAS DESARROLLADAS EN SUELOS ACIDOS A DIFERENTES NIVELES DE ENCALADO (ppm)

Especie	DESMODIO			CENTRO		
	CO <sub>3</sub> Ca			CO <sub>3</sub> /Ca		
Nivel de enca-lamiento	- 2TM/ha	0TM/ha	+ 2TM/ha	- 2TM/ha	0TM/ha	+ 2TM/ha
<b>Planta</b>						
Parte aérea		50.0 <sub>**</sub>	33.6	66.6 <sub>**</sub>	49.3 <sub>**</sub>	40.5
Parte radi-cular		32.3	66.5	27.0	75.0	67.8



#### 4. Observaciones Complementarias al Experimento

##### 4.1 Efecto residual

Como se observa en el Cuadro 18, la producción del maíz PM-204 se encuentra inversamente relacionada con el nivel de enclamiento. Asimismo, se ha notado que es en los suelos a donde se llevaron los tratamientos con la especie Desmodium uncinatum los que mejores efectos residuales manifestaron. Estos resultados pueden ser explicados si se toma en consideración que las especies tienen diferentes capacidades de extracción de elementos del suelo, de allí que en los suelos provenientes de los tratamientos que tuvieron menor producción de materia seca en el experimento manifiesten un mayor poder residual.

##### 4.2 Evaluación del pH o reacción del suelo.

El análisis del pH al final del experimento dio como resultado que luego de una extracción de plantas de un suelo el pH se acidifique (Cuadro 19). Ello ocurre pues la planta al desarrollarse requiere de elementos nutricionales los que son extraídos del suelo, lo que trae como consecuencia su desbasificación reduciéndose de esta manera el valor del pH o reacción del suelo. Este efecto es una de las causas de la acidificación de los suelos. (Fauck, Moureaux y Thomas, 1969, citados por Fassbender, 1975).

CUADRO 18.- PRODUCCION DE MATERIA SECA EN MAIZ PM-204 EMPLEADO PARA OBSERVAR EL EFECTO RESIDUAL  
(gramos de materia seca/500 gr suelo)

Suelo	TINGO MARIA						LOMITOS		
	CO <sub>2</sub> /Ca						CO <sub>2</sub> Ca		
	-2 TM/ha		0 TM/ha		+2 TM/ha		-2 TM/ha	0 TM/ha	+2 TM/ha
Desmodio	4.48	4.20	4.32	4.71	4.73	4.09			
Centro	3.63	3.05	2.64	3.49	2.98	3.06			
Castilla	3.33	4.44	3.23	2.92	2.80	2.78			

CUADRO 19.- VARIACIONES DEL pH EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

Suelo	TINGO MARIA									LOMITOS								
	CO <sub>2</sub> Ca									CO <sub>2</sub> Ca								
	-2 TM/ha			0 TM/ha			+2 TM/ha			-2 TM/ha			0 TM/ha			+2 TM/ha		
Especie	C	D	PC	C	D	PC	C	D	PC	C	D	PC	C	D	PC	C	D	PC
pH inicial	4.85			5.00			5.75			4.5			5.00			5.25		
pH final.	4.0	3.7	3.9	4.0	4.1	3.9	4.4	4.5	4.1	3.6	3.7	3.7	3.8	3.7	3.7	4.0	4.0	4.0

C = Centrosema pubescens

D = Desmodium uncinatum

PC = Panicum maximum

## V.- CONCLUSIONES

La observación y análisis de los resultados obtenidos en el experimento permite llegar a las siguientes conclusiones:

- a.- La mayor acidez de los suelos trajo como consecuencia un anormal desarrollo radicular que produjo una alteración en la normal absorción y traslocación de los elementos nutritivos. Estos efectos fueron particularmente observados en las especies leguminosas.
- b.- El Panicum maximum es una especie gramínea altamente resistente a las adversas condiciones existentes en los suelos ácidos, principalmente a las altas concentraciones de manganeso disponible en el suelo.
- c.- El Centrosema pubescens es la especie leguminosa que mejor se ha adaptado a las condiciones de suelos ácidos, principalmente a los que presentan alta concentración de aluminio cambiante.
- d.- Los síntomas visuales de deficiencia de hierro en su forma ferrosa en las partes apicales de las plantas, fueron relacionados con los síntomas visuales de toxicidad de manganeso.
- e.- La absorción de calcio por parte de las plantas, se encuen

tra relacionada con la presencia de este elemento en su forma asimilable y con la absorción de elementos como el aluminio y manganeso.

E.- En las especies leguminosas, al incrementarse el pH o reacción del suelo se aumenta la producción de materia seca, disminuyendo las concentraciones de aluminio, magnesio, manganeso y zinc.

## VI - BIBLIOGRAFIA

- 1.- Adams, F. and Lund, Z. F. 1966. Effect of chemical activity of soil solution aluminium on cotton root penetration of soil subsoil. *Soil Science* 101:193-198.
- 2.- Andrew, C. S. and Robins, M. F. 1969. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture. I. Growth and critical percentages of phosphorus. *Australian J. Agric. Res.* 20: 665-674.
- 3.- Army, T. S. and Miller, E. V. 1959. Effect of lime soil type and soil temperature on phosphorus nutrition of turnips growth on phosphorus deficient soil. *Agronomy Journal* 51: 376-378.
- 4.- Awan, A. B. 1963. Effect of lime on the availability of phosphorus in Zamorano soil. *Agronomy Abstract*, Colorado 34.
- 5.- Benavides, S. T. and Lester, W. 1963. Distribución y capacidad de adsorción de fósforo de algunos suelos tropicales de Colombia. *Agronomy Abstract* 19:17-21.
- 6.- Bernal, J. 1972. Las leguminosas como fuente de nitrógeno en pastos y rotaciones. *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*. Vol. IV, No.1.

- 7.- Bohórquez, M. 1975. Implantación de praderas en zonas tropicales a base de mezclas gramíneas y leguminosas. Seminario de leguminosas forrajeras tropicales. Lima-Marzo.
- 8.- Black, C. A. 1968. Soil-Plant relationship. John Wiley and Sons, INC- New York-London.
- 9.- Boyer, J. 1972. Soil in the humids tropics. Soil Potassium: 102-127.
- 10.- Cábala, P. y Fassbender, H. W. 1971. Efecto del encalado en la forma y disponibilidad de fosfatos en el suelo, en una zona cocotera. Bahía, Brasil. Turrialba 21(1) 38-46.
- 11.- Calzada Benza, J. 1970. Métodos Estadísticos para la Investigación Agronomía. U.N.A., La Molina, 640 pp.
- 12.- Camacho, R. y Salazar, J. J. 1975. Resultados de observaciones sobre leguminosas forrajeras tropicales en Colombia. Seminario de Leguminosas forrajeras tropicales. Lima, Marzo.
- 13.- Clarckson, D. T. 1965. Effects of aluminium on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedling. Plant Physiology 41:165-172.
- 14.- Clarckson, D. T. 1967. Interaction between aluminium and phosphorus on root surfaces and cells wall materials. Plant and Soil 27(3) 347-357.

- 15.- Coleman, N. T., Kamprath, E. J. and Weeds, S. B. 1958. Limings. *Advances in Agronomy* X: 475-517.
- 16.- Estrada, J. 1971. *Curso de Mineralogía de Suelos*, Apuntes mimeografiados.
- 17.- Estrada, J. y Cummings, N. 1968. Efecto de la aplicación de cal y fósforo a horizontes específicos de un suelo ácido, sobre el crecimiento y contenido de fósforo y aluminio en maíz. *Anales Científicos* VI(1, 2) 65-78.
- 18.- Evans, B., Clyde, N. and Kamprath, E. J. 1970. Lime response as related to percent aluminium saturation, solution aluminium and organic matter content. *Soil Science Society of American Proceedings*. 34(6) 893-896.
- 19.- Fassbender, H. W. 1966. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fitotecnia Latinoamericana* 3 (1, 2) 203-216.
- 20.- Fassbender, H. W. 1969. Retención y transformación de fosfatos en ocho Latosoles de la Amazonia de Brasil. *Fitotecnia Latinoamericana* 6(1) 1-19.
- 21.- Fassbender, H. W. 1969. Efecto del encalado en la mejor utilización de fertilizantes fosfatados en un aridisol de Costa Rica. *Fitotecnia Latinoamericana*

na 6(1) 115-126.

- 22.- Fassbender, H. W. 1969. El fósforo en suelos de América Central. Turrialba 19(4).
- 23.- Fassbender, Hans. 1975. Química de Suelos. IICA-OEA. 398 pp.
- 24.- Fassbender, H. W. y Roldán, J. A. 1973. Formas y equilibrio del manganeso en suelos de América Central. Turrialba 23(1) 30-36.
- 25.- Flemings, A. L. and Foy, C. D. 1968. Root structure effect differential aluminium tolerance in wheat varieties. Agronomy Journal 68(2) 172-176.
- 26.- Fox, R. L., Nishimoto, R. K., Thompson, J. R. and De la Peña, R. S. 1974. Comparative external phosphorus requirements of plant growing in tropical soil. Hawaii Agr. Expt. Sta. Tech. Bull., 1517.5 p.
- 27.- Foy, C. D.. 1972. Interactions between plant genotypes and acid soil. Canadian Society of Soil Science. Symposium. Soil Acidity.
- 28.- Foy, A. L. and Brown, J. C. 1964. Toxic factors in acid-soil. II. Differential aluminium tolerance. Soil Science Society of American Proceeding 28: 27-32.
- 29.- Foy, C. D., Flemings, A. L. and Arniger, W. H. 1969. Aluminium tolerance of soybean varieties in relation



to calcium nutrition. *Agronomy Journal* 61(4) 505-511.

- 50.- Gaucher, G. 1971. *El suelo y sus características agronómicas*. Ed. Omega, Barcelona. 648 pp.
- 51.- Gómez, G., Aguilar, T. y Beesen, K. C. 1966. *Calidad de forrajes del valle del Huallaga Central*. *Anales Científicos IV* (3, 4) 1470161.
- 52.- Gupta C., MacLeod, J. A., and MacLeod, L. B. 1973. *Effects of aluminium manganese and lime toxicity symptoms nutrient composition and yield of barley growth on podzol soil*. *Plant and Soil* 39: 413-421.
- 53.- Hardy, Frederick. 1970. *Edafología Tropical*. Ed. Herre ro Hnos. México. 416 pp.
- 54.- Harward, M. E., Jackson, W. A., Lott, W. L. and Mason, D. D. 1955. *Effects of aluminium, iron and manganese upon the growth and composition lettuce*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 66:261-266.
- 55.- Hortenstine, C. C. and Fiskell, S. G. A. 1960. *The effect of aluminium on plant growth and uptake of boron and calcium from nutrition solution*. *Agronomy Abstract, Chicago*. 19.
- 56.- Jackson, M. L. 1979. *Análisis químico de suelos*. Omega, Barcelona. 662 pp.

- 37.- Jacob, A. y Uexkull, H. V. 1965. Nutrientes Vegetales. CONAFER, Vol.III (B) 5-17.
- 38.- Johnson, W. L. 1972. Especies promisorias de pastos para el trópico húmedo. Reunión de Ganadería de Selva. Tarapoto. San Martín.
- 39.- Kamprath, E. J. 1967. Acidez de los suelos y su respuesta al encalado. International Soil Testings. Boletín Técnico No.4.
- 40.- Kamprath, Eugene. 1973. Resumen de las investigaciones edafológicas en América Tropical. North Carolina Agricultural Experimental Station Tech, Bulletin 219. 137-176.
- 41.- Kamprath, E. J. and Foy, C. D. 1971. Lime fertilizer. Plant interaction in acide soil. Soil Science Society of American Preceeding 667 South Road. Madison, Wisconsin, 53711. U.S.A.
- 42.- Klimashevsky, E. L., Markova, A., Bernatakaya, M. L. and Malysheva, A. S. 1972. Physiological response to aluminium toxicity in root zone of peat varieties. Agroquímica XVI. 487-495.
- 43.- Lee, C. R. 1970. Influence of aluminium on plant growth and mineral nutrition of potatoes. Agronomy Journal 27:1-21.
- 44.- León, Alfredo. 1971. Neutralización de la acidez del

suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. III (1) 11-17.

- 45.- Ligon, N. S. and Pierre, W. H. 1932. Soluble aluminium studies II Minimum concentration of aluminium found to be toxic to corn, sorghum and barley in culture solution. Soil Science 34: 307-321.
- 46.- Long, F. L. and Foy, C. D. 1970. Plant varieties as indicator of aluminium toxicity in the A<sub>2</sub> horizon of a Norfolk soil. Agronomy Journal 62: 679-681.
- 47.- Lora Silva y Riveros. 1971. Problemas fisiológicos de las plantas en los suelos ácidos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo III (1) 24-42.
- 48.- Lotero, Jaime, Monsalve, S., Ramirez, A. y Villamizar, F. 1971. Respuestas de gramíneas y leguminosas forrajeras al encalamiento. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo III(1). 210-239.
- 49.- Mahendra, S. and Phathak, A. N. 1969. Effect of calcium salts on the availability of manganese and plant growth on acid soil. Agroquímica XIV (1) 66-72.
- 50.- Mehta, B. V. and Patel, N. K. 1969. Effects of different iron-potassium-phosphate and calcium-manganese relationships on the growth and chemical composition of aromatic strain of Bidi tobacco (Nicotiana tabacum L). Plant and Soil XXX(1) 305-316.

- 51.- Meesing, L. H. L. 1965. The effects of lime and superphosphate on manganese toxicity in stream sterilizer soil. *Plant and Soil* 23: 11-16.
- 52.- Misra, S. G. and Misra, P. C. 1969. Availability of manganese as affected by carbonate addition. *Plant and Soil* XXX(2) 290-297.
- 53.- Moreno, Ulises. 1974. La nutrición mineral de las plantas, fundamentos y métodos. Departamento de Biología de la U.N.A. La Molina, 38 pp.
- 54.- Merrish, H. A. and Pierre, W. H. 1949. Minimum concentration of manganese necessary for injury to various legumes in culture solutions. *Agronomy Journal* 41: 107-112.
- 55.- Mulder, E. G. and Gerretsen, N. 1952. Soil manganese in relation to plant growth. *Advances in Agronomy* 4: 221-275.
- 56.- Munns, D. N. 1965. Soil acidity and growth of a legume. II Reaction of aluminium and phosphorus in solution and effects of aluminium, phosphorus, calcium and pH on Medicago sativa L and Trifolium subterraneum L. in solution culture. *Aust. J. Agric. Res.* 16: 743-755.
- 57.- Pa Ho Hsu. 1965. Fijación de fosfatos por aluminio y fierro en suelos ácidos. *Soil Science* 99(6) 398.

- 58.- Pearson, Robert. 1971. Problemas de la acidez en el sub suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo III (1) 294-305.
- 59.- Ragland, J. L. and Coleman, N. T. 1959. The effects of soil solution and calcium on root growth. Soil Science Society of American Proceeding 25:355-357.
- 60.- Rajan, J. L. 1973. Phosphorus adsorption characteristic of Hawaii soil acid; their relationships to equilibrium phosphorus concentration required from maximum growth of Millet. Plant and Soil. 39:519-532.
- 61.- Rasmussen, H. P. 1968. Entry and distribution of aluminium in Zea mays electron microprobe X-ray analysis. Plant (Berlin) 81:28-37.
- 62.- Rios, M. A. and Pearson, R. W. 1964. The effect of some chemical environment factors on cotton root behavior. Soil Science Society of American Proceeding 28: 232-235.
- 63.- Rios, V., Martini, J. A. y Tejeira, R. R. 1968. Efecto del encalado sobre la acidez y el contenido de aluminio y fierro en nueve suelos de Panamá. Turrialba 18(2) 139-146.
- 64.- Rorison, L. H. 1965. The effect of aluminium on the uptake and incorporation of phosphate by excised sanfoin root. New Phytol. 64:25-27.

- 65.- Russell, J., Russell, W. 1964. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Ed. Aguilar, Madrid. 771 pp.
- 66.- Salinas, J. C. and Sánchez, P. 1974. Soil plant relationships affecting varietal and species differences in tolerance to low available soil phosphorus. Symposium on "Breeding for tolerance to aluminium and manganese toxicity at the Meeting of the Brazilian Society for the Advancement of Science hold at Recife-Pernambuco.
- 67.- Sampson M., D. T., Clarkson, D. and Davies, D. 1965. DNA synthesis in aluminium treated roots of barley. Science 148: 1476-1477.
- 68.- Sánchez, J., Recalde, L., Leal, A., and Gómez, M. 1974. Effect of iron on the absorption and traslocation of manganese. Plant and Soil 41: 429-434.
- 69.- Semple, A. T. 1974. Avances en Pasturas cultivadas y Naturales. Centro Regional de Ayuda Técnica. Buenos Aires. 544 pp.
- 70.- Siman, A., Gradock, F. W. and Hudson, A. W. 1974. The development of manganese toxicity in pasture legume under extreme climatic conditions. Plant and Soil 41: 129-140.
- 71.- Spain M., Jaime. 1972. El problema de la acidez en los suelos de los Llanos Orientales. Posibles soluciones.

Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo IV(1).  
206-209.

- 72.- Summers, M. E. 1970. Aluminium toxicity, a growth limiting factor in some natal sands. Proc. Ann. Congress. Afr. Sugar Technol. Assoc. 44 p 176-82 in Tropical Abstract 1971:26(10) 688.
- 73.- Swenson, M., Richard, Vernon Cole, C., and Sieling Dale H. 1949. Fixation of phosphate by iron and aluminium and replacement by organic and inorganic ions.
- 74.- Thompson, L. M. 1966. El suelo y su fertilidad. Ed. Reverte S. A. Barcelona. 407 pp.
- 75.- Trigoño, Ramón H. y Estrada, José. 1972. Fijación y disponibilidad de fósforo bajo condiciones de concentración, reacción del suelo y encalamiento de dieciséis suelos de Costa y Selva del Perú. Anales Científicos X(3, 4). 115-157.
- 76.- Troung, N. V., Wilson, G. L. and Andrew, C. B. 1971. Manganese toxicity in pastures legume. I. Effects of calcium and phosphorus levels in the substrate. Plant and Soil. 34: 309-330.
- 77.- Troung, N. V., Wilson, G. L. and Andrew, C. B. 1971. Manganese toxicity in pasture legume. II. Effects of pH and molybdenum levels in substrate. Plant and Soil 34: 547-560.

- 78.- Vlamis, J. 1953. Acid soil infertility as related to soil solution and solid phase effects. *Soil Science* 75: 383-394.
- 79.- Vlamis, J. and Williams, D. E. 1973. Manganese toxicity and marginal chlorosis of lettuce. *Plant and Soil* 39: 245-251.
- 80.- Villachica, H. 1973. *Suelos tropicales*. Ed. Agronomia.
- 81.- Villachica, H. y Quevedo, F. 1972. Efecto del encalado en el sorgo. *Turrialba* 22(1) 13-17.
- 82.- Villagarcía, S. 1973. Aluminium tolerance in the Irish potato (*Solanum tuberosum*) and influence of substrate aluminium on growth and mineral nutrition of potatoes. Thesis doctoral. N.C.State University.
- 83.- Wallace, Arthur. 1976. The use and importance of chelating agents in the nutrition of tropical and subtropical fruit species. First International Symposium on Tropical and Subtropical fruit. Febrero 1976, Lima, Perú.
- 84.- Wright, K. E. 1937. Effects of lime and phosphorus in reducing aluminium toxicity of acid soils. *Plant Physiology* 12: 173-181.
- 85.- Wright, K. E. 1948. Internal precipitation of phosphorus in relation to aluminium toxicity. *Plant Physiology* 18: 708-712.



85.- Yates, Arthur. Leguminosas para pastiteles. Yates Co.  
PTY, Australia. 40 pp.

APENDICE

**CUADRO 20.- CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS EN ESTUDIO**

Suelo	TEXTURA				pH (1:1)	C.E. mmhos/cm
	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural		
A Tingo María	39.6%	22.4%	38.0%	Fco.Arcilloso	4.5	1.0
B Iquitos	59.6%	20.4%	20.0%	Fco.Arenoso	4.2	0.5

Suelo	MO %	N %	ELEMENTOS DISPONIBLES				CIC me/100 gr
			P	K	Mn (ppm)	Zn	
A	3.5	0.18	5	111	268.4	3.1	6
B	4.8	0.24	5	59	7.9	1.3	5

Suelo	ELEMENTOS CAMBIABLES					Porcentaje Saturación			C.C. %
	Al	Ca	Mg	K	Na	Bases	Acidez	Aluminio	
	(me/100 gr)								
A	1.1	2.6	1.2	0.3	0.10	51.61	48.39	32.3	19.3
B	2.2	0.8	0.5	0.2	0.08	20.00	80.00	53.3	17.4

**CUADRO 21.- CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS ANTES DE LA SIEMBRA (pH Y CONDUCTIBILIDAD ELECTRICA)**

Suelo	CO <sub>3</sub> Ca					
	-2TM/ha		0TM/ha		+2TM/ha	
	pH (1:1)	CE mmhos/cm	pH (1:1)	CE mmhos/cm	pH (1:1)	CE mmhos/cm
Iquitos	4.5	2.5	5.0	2.2	5.3	2.5
Tingo María	4.8	2.8	5.2	2.6	5.8	2.8

CUADRO 22.- PROMEDIO DE TEMPERATURAS, MAXIMAS Y MINIMAS, REGISTRADAS EN FORMA DIARIA EN EL

EL MES DE DICIEMBRE 1974

<u>Día</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>
T° máx.	23.2	21.8	22.2	20.8	18.8	21.9	23.2	22.3	22.3	21.6	22.4	23.0	22.1	22.3	22.0	23.7	22.0
T° mín.	14.3	14.4	13.4	15.0	15.2	15.3	15.8	14.4	14.0	14.7	14.3	14.0	13.2	13.6	12.9	14.0	14.9
Prom.	18.4	17.8	17.2	17.3	17.2	17.1	18.3	17.7	17.3	17.6	17.6	18.3	17.1	17.7	17.4	18.6	18.4

EL MES DE ENERO 1975

T° máx.	24.7	23.4	23.8	23.9	25.2	23.3	22.4	24.9	24.7	22.8	21.9	24.6	23.2	26.6	23.4	23.4	25.4
T° mín.	16.7	17.3	17.3	16.7	17.7	18.1	17.5	17.9	18.1	18.1	17.5	17.6	17.2	18.3	17.8	17.8	18.0
Prom.	20.4	20.1	20.0	20.1	20.4	20.1	19.3	20.7	20.7	19.8	19.4	20.2	19.9	21.1	20.1	19.7	20.9

EL MES DE FEBRERO 1975

T° máx.	25.2	25.9	26.2	25.7	28.4	26.8	25.0	26.0	25.0	26.4	26.9	25.3	26.6	27.0	26.2	27.2	27.0
T° mín.	19.0	19.1	19.5	18.7	18.6	19.4	20.4	18.7	17.7	16.7	16.9	16.1	17.4	17.0	17.2	18.2	17.8
Prom.	21.9	22.5	22.7	22.2	23.4	22.1	21.2	22.5	22.4	21.6	21.1	20.0	19.9	21.2	21.5	21.4	22.1

OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE LA MOLINA

---

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

---

23.6	22.5	23.1	22.3	22.6	26.8	25.6	24.6	23.4	20.8	23.9	21.0	21.3	23.8
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

19.5	15.3	15.5	16.7	16.3	16.0	18.1	17.2	16.9	16.4	16.5	16.7	17.5	17.8
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

---

19.1	18.3	18.5	18.8	18.6	20.5	21.5	20.1	19.3	18.5	19.3	18.7	18.9	20.3
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

---

24.0	25.7	26.4	26.6	29.4	30.8	26.8	25.2	26.3	25.8	24.7	25.2	23.4	25.2
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

17.8	18.9	19.0	19.6	18.5	18.8	17.5	16.4	19.0	18.3	18.2	18.5	17.7	17.7
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

---

20.5	21.3	21.9	23.2	24.4	25.3	21.9	20.7	21.8	21.6	20.3	21.3	20.2	21.4
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

---

26.4	27.4	26.8	28.0	28.0	26.5	27.2	26.9	26.9	26.6	27.0
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

18.7	18.9	17.3	18.0	19.8	19.8	19.4	19.6	19.6	19.9	19.5
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

---

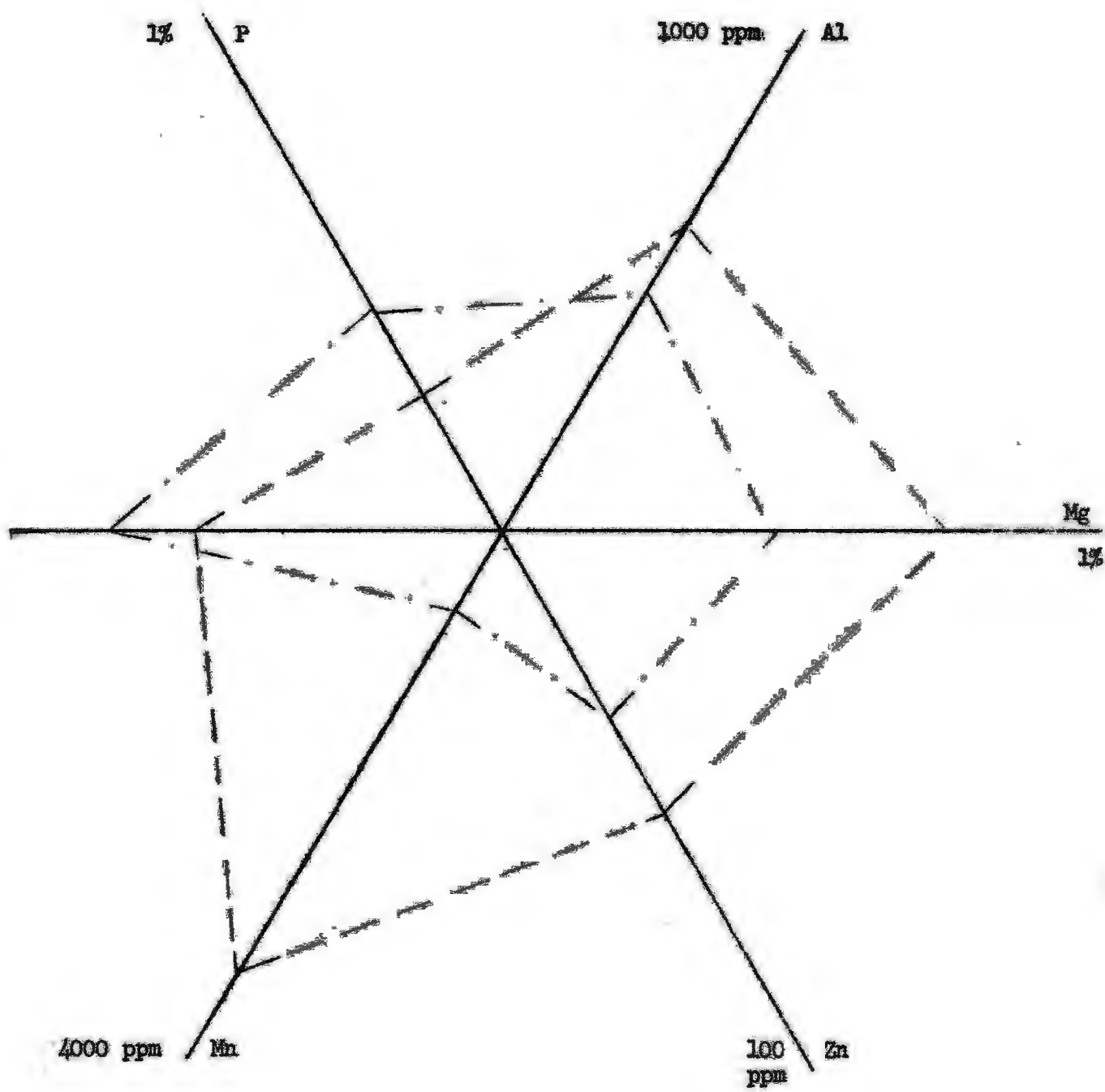
21.7	21.8	21.4	22.9	23.4	22.5	21.8	22.8	22.3	22.3	22.6
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

---

CUADRO 23.- CONCENTRACIONES PROMEDIO DE LOS ELEMENTOS ENCONTRADOS EN LA PARTE AEREA (A) Y EN LA PARTE RADICULAR DE LAS PLANTAS DESARROLLADAS EN CADA UNO DE LOS TRÁTAMIENTOS EN ESTUDIO

SUELO	ESPECIE	ENCALDADO	Mat/seca gr/mec.		P %		Al ppm		Ca %		Mg %		Mn ppm		Zn ppm		
			A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	
11	1	2	0.02	0.005	0.17	0.053	-62.5	689.6	0.9	0.4	0.4	0.4	0.1	227	925	26	100
1	1	2	0.39	0.047	0.43	0.032	-62.5	508.3	1.2	0.4	0.3	0.3	0.1	129	287	23	87
1	1	3	2.80	0.341	0.108	0.278	397.9	6117	1.2	0.4	0.3	0.3	0.1	205	27	47	117
1	2	1	0.31	0.026	0.22	0.133	212.5	601.1	1.2	0.3	0.3	0.3	0.1	182	50	41	74
1	2	2	3.12	2.065	0.26	0.44	80.1	466.2	1.2	0.4	0.3	0.3	0.1	136	48	35	65
1	2	3	6.99	2.007	0.30	0.107	31.3	436.3	1.4	0.4	0.4	0.4	0.1	1458	1076	46	130
2	1	1	0.17	0.082	0.192	0.164	175.2	10729	0.3	0.2	0.2	0.5	0.1	989	629	35	91
2	1	2	6.47	0.384	0.31	0.156	128.1	8779	0.2	0.2	0.3	0.4	1.1	97	190	44	65
2	1	3	6.96	0.915	0.38	0.390	213.5	9167	0.4	0.3	0.3	0.6	0.1	313	380	30	72
2	2	1	5.63	0.956	0.44	0.136	121.7	8083	0.3	0.3	0.6	0.6	0.1	211	146	31	50
2	2	2	8.55	1.367	0.44	0.136	185.6	8788	0.4	0.1	0.6	0.6	0.1	211	146	31	50
2	2	3	9.37	1.627	0.45	0.189	151.0	6717	0.4	0.2	0.5	0.5	0.1	113	73	24	30
1	0	1	11.09	5.029	0.13	0.147	151.0	6717	0.5	0.2	0.5	0.5	0.1	113	73	24	30
1	0	2	17.62	5.03	0.13	0.147	151.0	6717	0.5	0.2	0.5	0.5	0.1	113	73	24	30
2	0	1	10.42	4.376	0.21	0.147	151.0	6717	0.5	0.2	0.5	0.5	0.1	113	73	24	30
2	0	2	15.84	5.068	0.16	0.147	151.0	6717	0.5	0.2	0.5	0.5	0.1	113	73	24	30
2	0	2	14.67	5.352	0.16	0.147	151.0	6717	0.5	0.2	0.5	0.5	0.1	113	73	24	30
2	0	3	4.85	5.164	0.17	0.147	151.0	6717	0.5	0.2	0.5	0.5	0.1	113	73	24	30

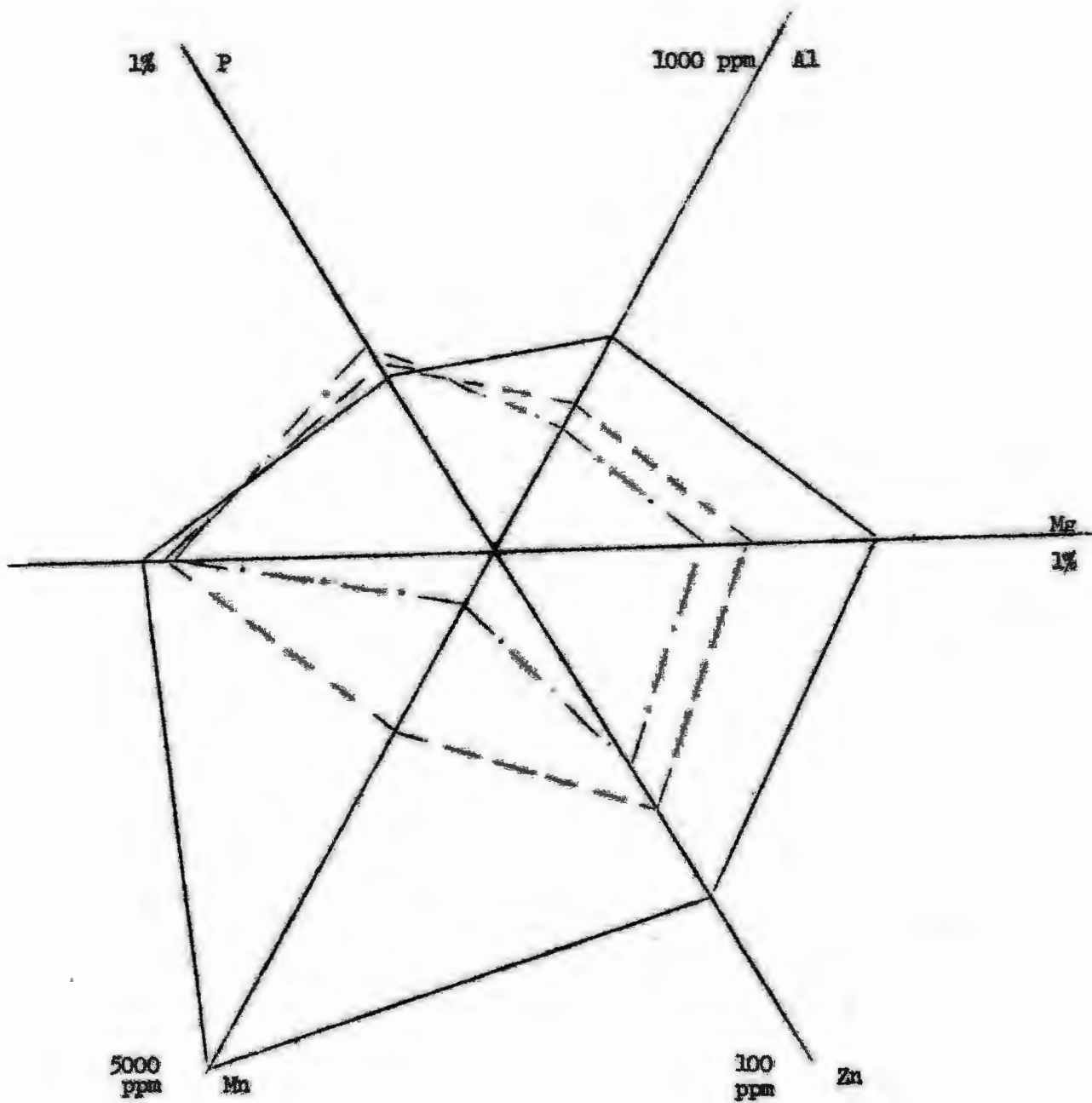
CKAVEN	Suelo	x	Especie	Nivel de encalamiento
1	Tingo Maria		Desmedio	-2 TM CO <sub>3</sub>
2	Iquitos		Centro	0 TM CO <sub>3</sub>
3			Castilla	+2 TM CO <sub>3</sub>
0				



Leyenda:

- -2 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}$  /ha
- - - - - 0 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}$  /ha
- ..... +2 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}$  /ha

Gráfico N<sup>o</sup> 4.- Promedio de concentraciones foliares de Aluminio, Fósforo (P), Calcio (Ca), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Magnesio (Mg), obtenidas en el Desmodium uncinatum desarrollado en dos suelos ácidos a diferentes niveles de encalado.



Leyenda:

- -2 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}$  /ha
- - - - - 0 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}$  /ha
- ..... +2 TM  $\text{CO}_3\text{Ca}$  /ha

Gráfico Nº 5.→ Promedio de concentraciones foliares de Aluminio (Al), Fósforo (P), Calcio (Ca), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Magnesio (Mg) obtenidas en el Centrosema pubescens, desarrollado en suelos ácidos a diferentes niveles de encalado.





CUADRO 24.- ABSORCION TOTAL DE ELEMENTOS EN LA PARTE AEREA (A) Y EN LA PARTE RADICULAR (R)  
EN LAS PLANTAS DESARROLLADAS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.

Tratamiento			P miligramos de elemento/materia seca obtenida en un kilo de suelo													
materia seca gr/maceta			P		Al		Ca		Mg		Mn		Zn			
			A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
1	1	1	0.02	0.005	0.60											
1	1	2	0.39	0.047	0.67	0.18		4.22		4.1		2.5		0.03		
1	1	3	0.80	0.341	12.06	0.38	0.11	1.14	39.82	3.10	15.5	0.3	3.1	0.2	0.12	0.03
1	2	1	0.31	0.026	0.68		0.07		3.66		2.8		3.0		0.03	
1	2	2	3.12	2.065	8.15	5.16	0.25	0.23	25.81	5.81	15.34	2.7	9.7	0.67	0.18	0.09
1	2	3	0.99	0.007	21.27	3.85	0.22	5.80	89.22	7.12	28.1	2.1	5.9	0.11	0.32	0.10
2	1	1	0.17	0.082												
2	1	2	6.47	0.384	19.79	0.20	0.45	3.12	60.99	1.47	25.6	0.3	1.47	0.46	0.17	0.04
2	1	3	6.96	0.915	25.45	0.29	3.54	5.60	82.35	3.96	23.0	0.8	0.9	0.26	0.02	0.08
2	2	1	5.63	0.956	24.84	2.66	3.39	6.33	65.50	4.12	21.3	1.0	1.2	0.03	0.26	0.11
2	2	2	0.55	1.367	37.37	1.82	3.99	8.59	104.60	4.53	29.1	1.6	1.6	0.07	0.35	0.10
2	2	3	9.37	1.627	41.70	1.73	4.09	8.81	128.30	6.20	26.3	1.9	1.1	0.08	0.33	0.11
1	0	1	11.09	5.029	14.53	8.35	1.94	53.96	27.70	12.07	48.80	7.0	15.0	5.41	0.51	0.65
1	0	2	17.62	5.303	22.03	8.27	2.26	46.56	31.70	11.13	82.85	5.8	17.4	3.34	0.61	0.48
1	0	3	16.84	5.068	26.77	6.89	2.05	40.97	48.80	12.77	94.27	5.0	5.3	1.92	0.51	0.37
2	0	1	10.42	4.376	21.36	8.31	2.22	40.11	40.60	10.94	42.7	45.9	1.1	0.86	0.46	0.27
2	0	2	14.67	5.352	22.89	9.05	2.62	47.03	51.40	7.49	80.7	3.2	3.1	0.68	0.46	0.27
2	0	3	14.85	5.164	28.84	7.59	2.33	34.68	71.26	10.84	77.2	2.6	1.7	3.38	0.36	0.15

SUELO	ESPECIE	NIVEL DE ENCALAMIENTO
1 Tingo María	<u>Desmodium uncinatum</u>	-2 TM CO <sub>3</sub> Ca/ha
2 Iquitos	<u>Centrosema pubescens</u>	0 TM CO <sub>3</sub> Ca/ha
3		+2 TM CO <sub>3</sub> Ca/ha
0		<u>Panicum maximum</u> +2 TM

**CUADRO 25.- ANALISIS DE VARIANCIA**

**1.- Producción de Materia Seca: (Parte Aérea)**

**1.1 Especies leguminosas:**

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	138.301	38.301	5691.49
B Especies	1	73.830	73.830	3038.31
C Encalado	2	153.005	76.503	3148.30
Intr. A x B	1	1.876	1.876	77.22
Intr. A x C	2	15.623	7.812	321.47
Intr. B x C	2	1.208	0.604	24.85
Intr. A x B x C	2	20.357	10.428	429.16
Error	24	0.583	0.024	
Total	35			

**1.2 Especie gramínea**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	17.374	17.374	32.48
Encalado	2	4.127	2.064	3.86
Error	12	6.419	0.535	
Total	17	135.419		

**CUADRO 25.- ANALISIS.... (Cont.)**

**1a.- Producción de Materia Seca (Parte Radicular):**

**1.1 Especies leguminosas:**

Fuentes	GL	SC	CM	F
1 Suelos	1	9.431	9.431	1086.59
3 Especies	1	0.124	0.124	14.306
C Encalado	2	5.998	0.300	34.55
Intr. A x B	1	0.250	0.250	28.82
Intr. A x C	2	1.581	0.791	91.09
Intr. B x C	2	0.851	0.426	49.03
Intr. A x B x C	2	1.587	0.793	91.41
Error	24	0.208	0.009	
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>20.031</b>		

**1.2 Especie gramínea:**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	0.144	0.144	6.06
Encalado	2	1.202	0.600	25.36
Intr. A x B	2	0.508	0.258	10.71
Error	12	0.284	0.024	
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>2.137</b>		

## CUADRO 25.- ANALISIS.... (Cont.)

## 2.- Especies leguminosas

## 2.1 Fósforo en la Parte Aérea

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	0.057	0.057	117.13
B Especies	1	0.006	0.006	11.97
C Encalado	2	0.063	0.032	64.85
Intr. A x B	1	0.021	0.021	42.06
Intr. A x C	2	0.018	0.009	18.55
Intr. B x C	2	0.032	0.016	33.02
Error	20	0.010	0.001	
Total	29	0.207		

## 2.2 Fósforo en la Parte Radicular:

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	0.211	0.211	206.12
B Especies	1	0.001	0.001	0.82
C Encalado	2	0.001	0.005	0.47
Intr. A x B	1	0.015	0.015	14.47
Intr. A x C	2	0.058	0.029	28.39
Intr. B x C	2	0.005	0.003	2.65
Error	16	0.021	0.001	
Total	25	0.311		

CUADRO 25.- ANALISIS.... (Cont.)

2.3 Aluminio en la Parte Aérea

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	469764.00	469764.00	625.77
B Especies	1	15409.60	15409.60	20.53
C Encalado	2	56936.60	28468.30	37.92
Intr. A x B	1	77225.70	77225.70	102.87
Intr. A x C	2	3616.01	1808.00	2.41
Intr. B x C	2	24815.80	12407.00	
Error	20	15014.00	750.70	

2.4 Aluminio en la Parte Radicular:

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	41553900.	41553900.	89.23
B Especies	1	1752120.	1752120.	3.76
C Encalado	2	1791810.	895908.	1.92
Intr. A x B	1	9728240.	9728240.	20.89
Intr. A x C	2	64469000.	32234500.	69.21
Intr. B x C	2	13957500.	6978750.	14.99
Error	16	9314430.	465721.	
Total	25			

2.5 Calcio en la Parte Aérea

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	0.020	0.020	5.74
B Especies	1	0.017	0.017	5.02
C Encalado	2	0.547	0.274	79.23
Intr. A x B	1	0.284	0.284	82.30
Intr. A x C	2	0.121	0.061	17.45
Intr. B x C	2	0.017	0.009	2.53
Error	20	0.069	0.003	
Total	29			

CUADRO 25.- ANALISIS... (Cont.)

2.6 Calcio en la Parte Radicular

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	0.027	0.027	2.49
B Especies	1	0.056	0.056	5.12
C Encalado	2	0.516	0.258	23.41
Intr. A x B	1	0.010	0.010	0.93
Intr. A x C	2	0.486	0.243	22.06
Intr. B x C	2	0.315	0.157	14.28
Error	16	0.220	0.110	
Total	25	1.631		

2.7 Calcio en la Parte Aérea

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	0.709	0.709	3.43
B Especies	1	0.011	0.011	0.05
C Encalado	2	0.016	0.008	0.04
Intr. A x B	1	0.767	0.767	3.71
Intr. A x C	2	1.247	0.623	3.01
Intr. B x C	2	0.522	0.261	1.27
Error	20	4.137	0.207	
Total	29	7.409		

2.8 Magnesio en la Parte Radicular

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	0.034	0.034	95.47
B Especies	1	0.001	0.001	1.99
C Encalado	2	0.003	0.002	4.66
Intr. A x B	1	0.002	0.002	4.78
Intr. A x C	2	0.011	0.006	16.10
Intr. B x C	2	0.002	0.001	3.24
Error	16	0.007	0.003	
Total	25	0.060		

## 2.9 Manganeso en la Parte Aérea

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	164520000.	164520000.	941.83
B Especies	1	30.	30.	0.00
C Encalado	2	23659400.	11829700.	67.72
Intr. A x B	1	4657830.	4657830.	26.67
Intr. A x C	2	78346900.	39173400.	224.26
Intr. B x C	2	3182750.	1591370.	9.11
Error	20	3493630.	174681.	
Total	29			

## 2.10 Manganeso en la Parte Radicular:

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	184742.	184742.	8.25
B Especies	1	0.079	0.079	0.00
C Encalado	2	10549.	5275.	0.24
Intr. A x B	1	209253.	209253.	9.35
Intr. A x C	2	356723.	178361.	9.29
Intr. B x C	2			
Error	16	447790.	22389.	
Total	25			

## 2.11 Zinc en la Parte Aérea

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	6797.85	6797.85	1160.63
B Especies	1	176.22	176.22	30.09
C Encalado	2	1341.86	675.93	114.55
Intr. A x B	1	706.88	706.88	120.69
Intr. A x C	2	1205.81	602.91	102.94
Intr. B x C	2	299.72	149.86	25.59
Error	20	117.14	5.86	
Total	29			



CUADRO 25.- ANALISIS... (Cont.)

Fuentes	GL	SC	CM	F.
A Suelos	1	8917.50	8917.50	3.47
B Especies	1	6.78	6.78	0.00
C Encalado	2	1542.05	771.03	0.30
Intr. A x B	1	1430.61	1430.61	0.56
Intr. A x C	2	21720.70	10860.30	4.22
Intr. B x C	2	3736.06	1868.03	0.73
Error	16	2571.28	160.71	
Total	25			

## 3.- Especie Gramínea

## 3.1 Fósforo en la Parte Aérea:

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	0.007	0.007	21.02
Encalado	2	0.003	0.002	4.28
Intr. S x E	2	0.003	0.002	4.70
Error	12	0.004	0.0003	
Total	17			

## 3.2 Fósforo en la Parte Radicular

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	0.001	0.001	11.15
Encalado	2	0.004	0.002	16.17
Intr. S x E	2	0.0002	0.0001	0.89
Error	12	0.001		
Total	17			

**CUADRO 25.- ANALISIS.... (Cont.)****3.3 Aluminio en la Parte Aérea**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	8588.79	8588.79	13.17
Encalado	2	9477.58	4738.79	7.27
Intr. S x E	2	432.82	216.41	0.33
Error	12	7823.39	651.95	
Total	17			

**3.4 Aluminio en la Parte Radicular**

Fuente	GL	SC	CM	F
Suelos	1	4265630.	4265630.	4.19
Encalado	2	19523400.	9761740.	9.59
Intr. S x E	2	2198240.	1099120.	1.08
Error	12	12213900.	1017820.	
Total	17	38201170.		

**3.5 Calcio en la Parte Aérea**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	0.125	0.125	167.16
Encalado	2	0.042	0.021	27.76
Intr. S x E	2	0.001	0.0005	0.87
Error	12	0.009	0.001	
Total	17			

**3.6 Calcio en la Parte Radicular**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	0.004	0.004	3.86
Encalado	2	0.021	0.011	10.22
Intr. S x E	2	0.008	0.004	3.90
Error	12	0.013	0.001	
Total	16			

**CUADRO 25.- ANALISIS.... (Cont.)**

**3.7 Magnesio en la Parte Aérea**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	0.00006	0.00006	0.06
Encalado	2	0.44319	0.02158	21.96
Intr. S x E	2	0.01455	0.00728	7.40
Error	12	0.01179	0.00098	
<b>Total</b>	<b>17</b>			

**3.8 Magnesio en la Parte Radicular**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	0.3497	0.3497	832.68
Encalado	2	1.1462	0.5731	1364.51
Intr. S x E	2	0.9738	0.4869	1159.33
Error	12	0.0050	0.0004	
<b>Total</b>	<b>17</b>			

**3.9 Manganeso en la Parte Aérea**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	2508050.	2606050.	1091.28
Encalado	2	861858.	4309299.	187.50
Intr. S x E	2	847286.	423642.	184.33
Error	12	27579.	2298.	
<b>Total</b>	<b>17</b>			

**3.10 Manganeso en la Parte Radicular**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	1402610.	1402610.	140.78
Encalado	2	503294.	251647.	25.25
Intr. S x E	2	264803.	132401.	15.29
Error	12	119574.	9964.	
<b>Total</b>	<b>17</b>			

**CUADRO 25.- ANALISIS.... (Cont.)****3.11 Zinc en la Parte Aérea**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	59.04	59.04	1.23
Encalado	2	1051.14	525.57	10.99
Intr. S x E	2	14.57	7.28	0.15
Error	12	573.94	47.83	
Total	17			

**3.12 Zinc en la Parte Radicular**

Fuentes	GL	SC	CM	F
Suelos	1	10863.30	10863.30	110.29
Encalado	2	6480.95	3240.47	32.90
Intr. S x E	2	534.01	267.01	2.71
Error	12	1182.01	98.50	
Total	17			

**4.- Efecto Residual en los Suelos Provenientes del Cultivo de Leguminosas:**

Fuentes	GL	SC	CM	F
A Suelos	1	14.72	14.72	480.74
B Especies	1	0.13	0.13	4.21
C Encalado	2	1.86	0.93	30.44
Intr. A x B	1	0.025	0.025	0.82
Intr. A x B	2	0.285	0.143	4.66
Intr. B x C	2	0.055	0.027	0.89
Intr. A x B x C	2	0.656	0.328	10.78
Error	24	0.735	0.031	
Total	35			

## CUADRO 25.- ANALISIS.... (Cont.)

## 5.- Efecto Residual en los Suelos Provenientes del Cultivo de la Gramínea

Fuente	GL	SC	CM	F
Suelos	1	2.12	2.12	33.24
Encalado	2	0.50	0.25	3.92
Intr. S x E	2	0.59	0.29	4.60
Error	12	0.77	0.06	
Total	17			

CUADRO 26.- CORRELACIONES ENTRE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS ANALIZADOS Y LAS CONCENTRACIONES DE ALUMINIO Y MANGANESO

Especie Centrosema pubescens

	Al <sub>1</sub>	Al <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	Ca <sub>1</sub>	Ca <sub>2</sub>	Mg <sub>1</sub>	Mg <sub>2</sub>	Mn <sub>1</sub>	Mn <sub>2</sub>	Zn <sub>1</sub>	Zn <sub>2</sub>
Al <sub>1</sub> (aéreo)			-10.76**	0.83**				0.80**	0.70**	-0.74**	0.53**	
Al <sub>2</sub> (radicular)			-0.74**		-0.81**			-0.56*	0.80**	0.77**	0.80**	
Mn <sub>1</sub> (aéreo)	0.70**		-0.81**	0.46*	0.83**			-0.73**		0.99**	0.87**	
Mn <sub>2</sub> (radicular)	-0.74**	0.77**	-0.82**	-0.51*	-0.83**			-0.74**	0.99**		0.84**	0.5

Leyenda: 1.- Referido a la parte aérea  
 2.- Referido a la parte radicular  
 \*.- Correlaciones estadísticamente significativas (0.05)  
 \*\*.- Correlaciones altamente significativas (0.01).

CUADRO 27.- CORRELACIONES OBSERVADAS EN EL Panicum maximum ENTRE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS Y LAS CONCENTRACIONES DE ALUMINIO Y MANGANESO

	Al <sub>1</sub>	Al <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	Ca <sub>1</sub>	Ca <sub>2</sub>	Mg <sub>1</sub>	Mg <sub>2</sub>	Mn <sub>1</sub>	Mn <sub>2</sub>	Zn <sub>1</sub>	Zn <sub>2</sub>
A <sub>1</sub> (aérea)				-0.76**				-0.58**				
A <sub>1</sub> (radicular)								0.69**	0.51*		0.63**	0.74
Mn (aérea)	0.59*	-0.69**			-0.77**			0.96**				0.90
Mn (radicular)	0.69**	-0.57*			-0.71**				0.96**		0.55*	0.96

Leyenda:

- 1.- Referido a la parte aérea (concentración)
- 2.- Referido a la parte radicular (concentración)
- \*.- Correlaciones altamente significativas (0.01)
- \*\*.- Correlaciones significativas (0.05).

CUADRO 28.- CORRELACIONES ENCONTRADAS EN EL *Desmodium uncinatum* ENTRE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS Y LAS CONCENTRACIONES DE ALUMINIO Y MANGANESO

	Al <sub>1</sub>	Al <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	Ca <sub>1</sub>	Ca <sub>2</sub>	Mg <sub>1</sub>	Mg <sub>2</sub>	Mn <sub>1</sub>	Mn <sub>2</sub>	Zn <sub>1</sub>	Zn <sub>2</sub>
A <sub>1</sub> (aéreo)			0.80**	0.93**	-0.80**	-0.80**	-0.50**	-0.78**	-0.67**	-0.78**	0.66**	-0.80
A <sub>1</sub> radicular					0.53*	0.63**		0.59**	-0.44*	0.59	-0.44*	
Mn aéreo	-0.67**	-0.62**	0.73**	0.80**	0.78**	0.97**	0.93**			0.96**	0.99**	-0.92
Mn radicular	-0.78**	0.59**	0.77**	-0.88**	0.84**	0.99**	0.91**	-0.52*	0.98**		0.98**	0.97

Leyenda:

1. Referido a la parte aérea
  2. Referido a la concentración en la parte radicular.
- \*.- Correlaciones significativas (0.05)  
 \*\*.- Correlaciones altamente significativas (0.01)