



**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**Estudio de la Fertilización Fosfatada y el Encalado en  
Cobertura en Suelos Desarrollados Sobre Cristalino.**

**por:**

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE  
DOCUMENTACIÓN Y  
BIBLIOTECA

**JUAN CARLOS de LEON ARTIGAS**

**TESIS.** Presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.  
(orientación Agrícola\_Ganadera)

**Montevideo.**

**URUGUAY**

**1992**

Tesis Aprobada por:

Director. \_\_\_\_\_

Nombre Completo y Firma.

\_\_\_\_\_  
Nombre Completo y Firma.

\_\_\_\_\_  
Nombre Completo y Firma.

Fecha: \_\_\_\_\_

Autor: \_\_\_\_\_

Nombre Completo y Firma.

## AGRADECIMIENTOS

Al profesor Ing. Agr. OMAR CASANOVA director de esta tesis por su orientación, planificación, colaboración y estímulo brindado.

Al Ing. Agr. CARLOS E. COLLARES por su colaboración y orientación en el trabajo de campo realizado.

Al Ing. Agr. MARTIN BORDOLI por su colaboración en el procesamiento de los datos.

Al Ing. Agr. JOSE ZAMALVIDE por su generoso apoyo en las distintas etapas de este trabajo.

A la Sra. Leticia Martinez y demás integrantes de la cátedra por su ayuda y compañerismo.

A mi padre por su generosa ayuda y orientación.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página.
OBJETIVOS.	1
<u>1. INTRODUCCION.</u>	2
<u>2. REVISION BIBLIOGRAFICA.</u>	5
2.1. ACIDEZ DEL SUELO.	5
2.1.1. <u>Acidez del Suelo y Al Intercambiable.</u>	5
2.1.1.2. El Al en la Solución del Suelo.	6
2.1.1.3. EL Manganeso y la Acidez del Suelo.	8
2.1.2. <u>Efectos de la Acidez Sobre el Crecimiento Vegetal.</u>	10
2.1.3. <u>Efectos del Al Sobre el Crecimiento Vegetal.</u>	12
2.1.3.1. Efectos sobre la Disponibilidad del Fósforo.	15
2.1.3.2. Efectos Sobre la Disponibilidad del Calcio.	18
2.1.3.3. Efectos Sobre la Disponibilidad del Magnesio.	19
2.1.4. <u>Efectos de los Niveles Tóxicos de Al en Plantas.</u>	20
2.1.4.1. Su aptitud al Aluminio.	22
2.1.5. <u>Efecto de la Toxicidad por Manganeso.</u>	23
2.1.6. <u>Efecto en los Micronutrientes.</u>	27
2.1.7. <u>Efecto en la Fijación Simbiótica de Nitrógeno.</u>	28
2.2. EFECTO DEL ENCALADO SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETAL.	30
2.2.1. <u>Efectos Principales.</u>	30
2.2.2. <u>Reacciones de la Cal con el Suelo.</u>	31
2.2.3. <u>Efecto Sobre el Contenido de Elementos Tóxicos.</u>	33
2.2.4. <u>Efecto Sobre la Disponibilidad de Cationes.</u>	35
2.2.5. <u>Efecto Sobre la Disponibilidad de Fósforo.</u>	37

2.2.6. <u>Efecto Sobre la Disponibilidad de Micronutrientes.</u>	40
2.2.7. <u>Efecto Sobre la Fijacion Simbiotica de Nitrógeno.</u>	41
2.3. EFECTO DEL FOSFORO SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETAL.	41
2.4. EFECTO DEL ENCALADO APLICADO EN COBERTURA.	43
2.4.1. <u>Efecto a Corto y Largo Plazo Sobre el pH.</u>	
<u>Ca y Mg en el Suelo.</u>	43
<b><u>3. MATERIALES Y METODOS.</u></b>	50
3.1. LOCALIZACION DEL ENSAYO.	50
3.2. CARACTERISTICAS DEL SUELO.	50
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.	50
3.4. TRATAMIENTOS.	51
3.5. MANEJO DEL ENSAYO.	51
3.6. ANALISIS DEL SUELO.	51
3.7. MEDIDAS REALIZADAS EN PLANTAS.	52
<b><u>4. RESULTADOS Y DISCUSION.</u></b>	54
4.1. EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN COBERTURA SOBRE LA PRODUCCION VEGETAL.	54
4.1.1. <u>Efecto en la Producción de MS Total.</u>	54
4.1.2. <u>Efecto en la Producción de MS en el Primer Corte</u>	57
4.1.3. <u>Efecto en la Producción de MS en el Segundo Corte</u>	59
4.1.4. <u>Efecto en la Producción de MS en el Tercer Corte</u>	61
4.1.5. <u>Efecto en el Establecimiento de la Leguminosa.</u>	62
4.1.6. <u>Efecto Sobre el % de MS del lotus en el Segundo Corte.</u>	63

4.1.7. <u>Efecto en la Produccion de MS del Lotus en el Segundo Corte.</u>	66
4.2. EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN COBERTURA SOBRE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO.	67
4.2.1. <u>Efecto Sobre el Nivel de P.</u>	67
4.2.1.1. Para el Primer Muestreo.	67
4.2.1.2. Para el Tercer Muestreo.	69
4.2.2. <u>Efecto en el pH del Suelo.</u>	71
4.2.2.1. Para el Primer Muestreo.	71
4.2.2.2. Para el Tercer Muestreo.	73
4.2.3. <u>Efecto en el Ca, Mg y K del Suelo.</u>	75
4.2.3.1. Efecto en el Ca.	75
4.2.3.2. Efecto en el Mg.	78
4.2.3.3. Efecto en el K.	78
4.3. EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN COBERTURA SOBRE EL NIVEL DE NUTRIENTES EN LA MS PRODUCIDA.	80
4.3.1. <u>Efecto en el N Absorbido y en el % de N en la MS.</u>	80
4.3.1.1. Efecto en el N Absorbido en la MS y en el % de N en el Primer Corte.	80
4.3.1.2. Efecto en el N Absorbido en la MS y en el % de N en el Segundo Corte.	82
4.3.2. <u>Efecto en el Fósforo.</u>	84
4.3.2.1. Efecto en el P Absorbido en la MS y en el % de P en el Primer Corte.	84

4.3.2.1. Efecto en el P Absorbido en la MS y en el % de P en el Segundo Corte.	86
4.3.3. <u>Efecto en el Potasio.</u>	87
<u>5. RESUMEN</u>	90
<u>6. CONCLUSIONES</u>	92
<u>7. BIBLIOGRAFIA.</u>	93
<u>8. ANEXO</u>	105

## OBJETIVOS.

1. Estudiar el efecto del encalado en el primer año de instalación de una cobertura de lotus sobre la cantidad y calidad del forraje producido en un brunosol desarrollado sobre el basamento cristalino.

2. El efecto del encalado sobre parámetros de persistencia inicial de la cobertura (en No. de plantas/Há y rend. del lotus) y ganancia potencial en nitrógeno en el sistema.

## 1. INTRODUCCION

Las pasturas naturales se consideran las más representativas del área forrajera nacional, ya que ocupan del 80 a 85% de la misma. Es así que constituyendo el principal recurso forrajero, presentan importantes deficiencias en cantidad, calidad y estacionalidad, que como consecuencia resienten la producción animal, obligando en muchas ocasiones a reducir las cargas animales, para no resentir la producción individual.

El área del basamento cristalino ocupa aproximadamente el 15 % de la superficie del país, dentro de la cual un 40 % la comprenden suelos superficiales. Se extiende sobre los departamentos de Florida y Flores, sur de Durazno, noroeste de Colonia y algunas áreas de San José y Cerro Largo.

La topografía es ondulada con predominio de lomas irregulares, de formas redondeadas y comprende suelos profundos y superficiales desarrollados sobre basamento cristalino y sedimentos cuaternarios depositados sobre esta formación.

Los suelos dominantes en la unidad Sierras de Polanco son los brunosoles moderadamente profundos y superficiales,

asociados a litosoles.

La capacidad de almacenaje de agua en estos suelos es de 150 a 200 mm en los suelos profundos y entre 45 y 50 mm en los suelos superficiales.

Los suelos superficiales se caracterizan por tener un menor potencial de producción de forraje y una distinta distribución estacional.

La producción anual es inferior a los 2000 Kg de MS con un pico primaveral del 50 % de la producción y otro otoñal con el 25 %. Teniendo una deficiencia invernal y otra hacia fines del verano.

Estos suelos superficiales presentan un tapiz abierto de baja productividad, con importante área de suelo desnudo y alta proporción de malezas invernales. Siendo las especies más abundantes las estivales y las invernales perennes o anuales.

Visto la importancia que éstas revisten en la producción ganadera uruguaya, se ha transformado prioritario mejorar su producción tanto en cantidad y calidad, como la distribución de la producción en el año.

Es así que las prácticas de manejo como: manejo racionalizado de los pastoreos, fertilizaciones e incorporaciones de leguminosas en el tapiz, contribuirán efectivamente tanto a mejorar la cantidad, calidad y distribución estacional del forraje producido.

A tales efectos la incorporación de leguminosas invernales y fertilizantes fosforados podría conducir a mejores producciones. Siendo éstas en general bastantes exigentes en cuanto a propiedades físicas y químicas del suelo, como: nivel de fósforo, acidez y niveles de Al intercambiable.

Estos suelos se caracterizan por tener un muy bajo nivel de P, pH relativamente ácidos y niveles de Al intercambiable inadecuados para la incorporación de leguminosas, todo lo cual se resume en una baja fertilidad que estaría restringiendo la producción forrajera.

En consecuencia, importantes limitantes para la producción animal se van a poder levantar; como en períodos de parición y amamantamiento de rodeos y majadas donde las exigencias son mayores, también entores y encarneradas con mejores condiciones corporales y poder terminar antes el engorde de los animales, si logramos alcanzar los objetivos planteados.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. ACIDEZ DEL SUELO.

Suelos ácidos son los que han tenido un intenso proceso de lixiviación y que desde el punto de vista químico se caracterizan por tener un bajo contenido de bases, una fuerte acidez y la presencia de ciertos elementos en concentraciones tóxicas para las plantas.

#### 2.1.1. Acidez del Suelo y Al Intercambiable.

El aluminio se presenta de diversas formas en los suelos; además de presentarse en muchos minerales primarios, en la mayoría de los minerales arcillosos y en la gibsita, hay también cantidades importantes en estados menos definidos.

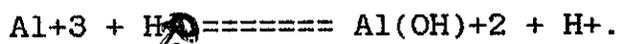
Los suelos ácidos pueden incluir Al intercambiable, iones hidroxialuminio monómeros o polímeros, fosfatos de aluminio y compuestos similares.

Los intercambios entre las diferentes formas del Al en el suelo pueden ocurrir lentamente por meteorización ó rápidamente cuando se agregan cal y/o fertilizantes (Lin y Coleman, 1960).

Coleman y otros (1967) encontraron que el aluminio extractado por una solución salina neutra no buffereada era igual a la CIC menos los miliequivalentes de Ca y Mg y que era aproximadamente igual a la acidez titulable al pH de suelo, es decir que la acidez intercambiable del suelo era el Al trivalente.

Se ha comprobado que el aluminio intercambiable aparece en el suelo como ion hidratado rodeado por seis moléculas de agua en configuración octahédrica y que es un ácido en el sentido general ya que puede generar iones hidrógeno (Black, 1975).

La reacción por la cual el Al intercambiable es fuente de acidez puede expresarse de la siguiente manera:



La importancia del ion Al en la acidez intercambiable de los suelos fue reportada por numerosos autores: Paner y Marshall, 1934; Shoffield 1945; Shoffield y Taylor, 1954; Chernov, 1959 y 1964; Howar y Coleman, 1954; Love, 1946 (citados por Coleman y Thomas, 1967).

#### 2.1.1.2. El Al en la Solución del Suelo.

La cantidad de Al en la solución depende, del pH del suelo,

del grado en que el Al ocupa las posiciones de intercambio al pH del suelo y de la concentración de las sales del sistema.

Ulamis (1953, citado por Black, 1975) comprobó que al aumentar el pH del suelo, la concentración se reducía a niveles bajos. Kamprath y Foy (1971) encontraron que el aluminio en la solución es bajo en suelos de pH 5,5 ó mayor pero aumenta marcadamente por debajo de 5,0.

Evans y Kamprath (1970) estudiando el efecto del porcentaje de saturación de la CIC efectiva con Al sobre el contenido en solución, encontraron que mientras la saturación era menor al 60 a 70 % el Al en solución se mantenía por debajo de 0,25 meq/lt. ya que aumentaba rápidamente con el % de saturación. Nye y otros (1961) reportarón efectos similares.

Cuando se agrega una sal neutra a un suelo ácido que contiene Al intercambiable, los cationes agregados desplazarán al Al de los sitios de intercambio provocando un aumento en el contenido de Al en la solución. Schmehl y otros (1950) agregaron sulfato de calcio a un suelo ácido (pH; 4,75) y obtuvieron un incremento del Al en solución que pasa de 1,91 a 9,97 ppm. Ragland y Coleman (1959) obtuvieron resultados similares al agregar KCL como fertilizante a un

suelo ácido.

#### 2.1.1.3. El Manganeso y la Acidez del Suelo.

El Mn se encuentra en el suelo con una gama de valencias y grados de reactividad, comprendiendo desde óxidos insolubles hasta la fracción disponible constituida por el ion bivalente y óxid fácilmente reducibles ( Mulder y Garretsen, 1952).

La concentración de esta fracción disponible es muy fluctuante siendo su determinante fundamental el pH del suelo y en segundo término la M.O., la humedad y la temperatura, factores todos que determinan el potencial de óxido reducción y el nivel de hidratación de los compuestos del Mn.

Chritensen y otros (1959) observaron que un suelo rico en Mn y pH 4,6 tenía 61 ppm de Mn intercambiable, mientras que a pH 6,5 había sólo 1,7 ppm. A medida que el pH aumenta los compuestos de Mn se óxidan pasando a formas menos solubles (Mulder y Garretsen, 1952). Los suelos ácidos con pH inferior a 5,5 pueden contener concentraciones altas de Mn intercambiable.

La materia orgánica actúa formando complejos poco disociables con el Mn bivalente.

Heintze y Man ( 1946 citados por Mulder y Gerretsen, 1952) encontraron bajas concentraciones de Mn intercambiable en suelos ricos en M.O. y con un contenido adecuado de Mn. La descomposición de la materia orgánica en un suelo ácido, incrementa rápidamente el Mn intercambiable del suelo. Este aumento ocurriría debido a las condiciones de reducción existentes en el área, por la reducción de Mn por los compuestos producidos y por la disminución del pH provocada por los ácidos orgánicos (Christensen y otros, 1960).

Fujimoto y Sherman (1945, citados por Sánchez y Kamprath) determinaron que el Mn en presencia de agua en el suelo forma un complejo hidratado insoluble. Durante el secado, el complejo se rompe quedando el Mn en forma de óxido manganoso disponible para las plantas.

Sánchez y Kamprath (1959) encontraron un aumento en el contenido de Mn intercambiable al realizar los análisis en el suelo secado al aire, frente al húmedo.

Helyar y Anderson (1971) reportaron por otra parte que una fertilización con potasio y micronutrientes, aplicada en un suelo ácido, aumentaba más de 30 veces la concentración de Mn en la solución.

### 2.1.2. Efectos de la Acidez Sobre el Crecimiento Vegetal.

Varios investigadores coinciden en señalar el efecto perjudicial de la acidez de los suelos sobre el crecimiento vegetal y afirman que el daño por la acidez del suelo es un efecto complejo en el que están involucrados diversos factores, tornando difícil la identificación precisa de los efectos de los mismos. Entre estos diversos factores se han señalado, niveles excesivos de Al y/o manganeso, severas deficiencias de P y otros elementos no menos importantes como Ca, Mg, Mo y nocivos efectos también de altas concentraciones de ión hidrógeno (Andrew, 1960; Andrew y otros, 1973; Helyar y Anderson, 1971; Kamprath, 1967; Munns, 1965).

Hesley (1951) estudiando las causas de infertilidad en suelos ácidos, observó que ésta se explicaba por una severa deficiencia de fósforo, acompañada de una gran capacidad de fijación de fosfatos por esos suelos. Pudiéndose lograr grandes incrementos en el crecimiento vegetal al hacerse una neutralización parcial del fósforo del suelo, ó a el aumento en la eficiencia de uso de los fertilizantes fosfatados.

Rains y otros (1964) señalaron dos efectos principales por los cuales el ion  $H^+$  actuaría en detrimento del crecimiento vegetal. En primer término los iones  $H^+$  competirían con los

demás cationes por los sitios disponibles en los transportadores. En segundo término los iones serían capaces de provocar alteraciones progresivas e irreversibles en la estructura y función celulares, que pueden ser prevenidas o minimizadas por la presencia de Ca. Las variaciones en la actividad del ión H<sup>+</sup> tienen marcada influencia en la absorción de muchos iones inorgánicos (Jackson, 1967). Sin embargo se ha comprobado que los tejidos vegetales toleran una acidez de mayor intensidad que la que se puede encontrar en los suelos ácidos (Black, 1975).

Troug y Meacham (1979) y Pierre y Pohlman (1933) citados por Black (1975) estudiando la savia de las raíces y tallos de plantas que crecían en suelos encalados, detectaron niveles de acidez extremadamente bajos.

En la mayoría de los suelos los efectos depresivos de un pH bajo sobre el crecimiento vegetal son indirectos (Kamprath y Foy, 1971).

Munns (1965 b) cultivando alfalfa en soluciones nutritivas, determinó que no existían problemas en el crecimiento vegetal provocados por el ión H<sup>+</sup> a pH 4 y pH 5 con un suministro adecuado de calcio y fósforo en ausencia de factores tóxicos

como Al y Mn.

Coleman y otros (1958) consideran que el pH "per se" no es un factor importante, al menos en los rangos que usualmente se encuentra en los suelos.

### 2.1.3. Efectos del Al Sobre el Crecimiento Vegetal.

Cuando el aluminio se encuentra en altas concentraciones en el suelo inhibe el crecimiento radicular, retarda el desarrollo de la parte aérea y provoca trastornos en la absorción y traslocación de nutrientes.

Probablemente los mecanismos por los cuales el Al resulta tóxico son varios y de difícil identificación ya que estos factores involucrados actúan simultáneamente e interaccionan entre sí.

Ulamis (1953, citado por Ragland y Coleman )59) demostró en forma rotunda la existencia de toxicidad por aluminio. Cuando el suministro de sulfato de aluminio agregado a la solución en que crecían plantas de cebada fue suficiente para igualar el contenido de Al de la solución del suelo (1,8 ppm). La producción de la parte aérea que se redujo al 70% del máximo y la de raíces al 30 %.

Schmell y otros (1950) agregando sulfato de aluminio a un

suelo encontraron un retardo en la germinación de plantas de alfalfa, seguido de clorosis en los cotiledones y las plantas morían a las pocas semanas.

Coleman y otros (1958) observaron que cuando el suelo contenía más de 1 meq de aluminio intercambiable se inhibía el desarrollo radicular.

Black (1975) observó que el efecto del aluminio se debe a que éste se acumulaba en la corteza ( en el protoplasma celular y núcleo), no apareciendo en el tejido conductor y en la endodermis. Un exceso de aluminio en algodón provocaba una disminución en la absorción de P, Ca, K, Mn, Na y Bo y lo marchitaba. Las plantas pierden más agua por unidad de área foliar y además una menor permeabilidad en el protoplasma de las células radiculares, favoreciendo entonces ambos efectos el marchitamiento.

Ragland y Coleman (1958) cultivando sorgo granífero en suspensiones de arcilla, encontraron que el crecimiento, era severamente restringido si no se neutralizaba el 80 % del Al intercambiable.

La reducción en el crecimiento radicular está relacionado

FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE  
DOCUMENTACION Y  
BIBLIOTECA

con el crecimiento de la parte aérea, pero el efecto es más crítico sobre la raíz, que sobre la parte aérea.

Munns (1965 b) determinó que concentraciones de 10 micromoles de Al en los suelos que se cultivaba alfalfa producían los mismos síntomas que los cultivados en soluciones. Estos trabajos fueron confirmados por Andrew y otros (1973) y Helyar y Anderson (1974).

Rios y Pearson (1964) observaron que las raíces de algodón morían cuando se mantenían en una solución nutritiva que contenía 1 ppm de Al. En la raíz en la zona meristemática del ápice radicular, se observó una excesiva cantidad de células binucleadas, lo que demostraba la inhibición de la división celular.

Rorison (1958, citado por Black 1975) sugirió que el Al reaccionaba con las sustancias pécticas de la pared celular provocando una rigidez e impidiendo la elongación de las células jóvenes.

Clarkson (1965) observó que las plantas de alfalfa creciendo en soluciones nutritivas que contenían 1 ppm de Al reducían su producción de M.S. en la parte aérea en 23 % frente a los que crecían en la solución libre de Al.

Posteriormente Andrew y otros (1973) confirman los resultados anteriores.

Andrew et al. (1973) comprobó en plantas que se desarrollaban en soluciones ácidas, que las raíces contenían mayor concentración de Al que las partes aéreas. Explicándolo por el Al precipitaria dentro de las raíces.

#### 2.1.3.1. Efecto Sobre la Disponibilidad del Fósforo.

La característica importante de la toxicidad por Al es su relación con la deficiencia de P. Al respecto P. Andrew y Vanden Berg (1973) comprobaron que las concentraciones de fósforo en las plantas de leguminosas sensibles a la toxicidad por aluminio disminuían cuando se agregaba Al a la solución de cultivo, aunque los valores de las raíces eran mayores que los de la parte aérea.

Helyar y Anderson (1971) en suelos de pH 4,5 y con 1,6 meq/100 gr de Al intercambiable reportaron síntomas de toxicidad por Al asociados con deficiencias de fósforo y oscurecimiento del color de las hojas cultivando, falaris y alfalfa.

Trabajando en suelos arenosos (pH 4,2 a 5,3), con trébol

subterroa Kehol y Curnow (1963) observaron en la parte aérea síntomas de deficiencia de P y en las raíces síntomas de toxicidad de Al.

Pierre y Stuart (1933, citados por Munns, 1968 c) sugieren que la solubilidad del fósforo disminuye en presencia de niveles tóxicos de Al provocando una reducción del suministro de fósforo para las plantas. Por otra parte, el agregado de grandes cantidades de fósforo a suelos que contienen Al intercambiable precipita el Al, eliminándolo como factor tóxico y aumenta la absorción de P por las raíces.

El mecanismo por el cual el Al resulta tóxico plantea aún muchos interrogantes, pero sin duda implica algún tipo de alteración en los procesos de absorción y traslocación del P.

En 1937 Wryht (citado por coleman y otros, 1958) sugirió la existencia de una interferencia del Al en los procesos de absorción y traslocación del fósforo, concluyendo que el efecto benéfico de las grandes aplicaciones de fósforo se debía a la precipitación del Al en el interior de la raíz con suficiente fósforo remanente para los procesos metabólicos.

Contrariamente Walliham (1948, citado por Kamprath y Foy 1971) observó que el aluminio no interfería en grado

apreciable con la actividad metabólica del fósforo en plantas de trébol blanco.

Rorison (1958) y Clarkson 1965, (citados por Andrew y Vanden Berg, 1973) evidenciaron un efecto directo del Al en las raíces, previo al efecto de reducción en la absorción de fósforo.

Mc Cormick y Borden (1972) señalaron que la interacción P-Al se daba en las paredes celulares y membranas citoplasmáticas de las células de la cabeza y la epidermis de la raíz. En condiciones de toxicidad por aluminio la cebada acumula P en las raíces en forma no traslocable a las partes en crecimiento (Kehol y Curnow, 1963).

A nivel de las superficies radiculares y en las paredes de las células, el aluminio enlazaría fósforo, disminuyendo la cantidad de fósforo disponible para el metabolismo celular.

Por otra parte se ha comprobado que el aluminio es capaz de remover fósforo de las células radiculares, e impedir la absorción de fósforo desde fuentes externas a la raíz (Clarckson, citado por Kamprath y Foy 1971; Mc Cormick y Borden, 1974).

### 2.1.3.2. Efecto Sobre la Disponibilidad del Calcio.

La capacidad de un suelo para suministrar calcio depende de su CIC, su saturación en ca y las características de su material de intercambio (Adams y Pearson 1967).

Comparando los contenidos de Ca de un suelo ácido (pH 5,71), en el que la alfalfa presentaba síntomas de toxicidad por aluminio contra los que se obtenían en el mismo suelo encalado a pH 6,5. Schmehl y otros (1959) encontraron que aunque las concentraciones de Ca en solución eran similares, las plantas que crecían en el suelo encalado contenían 2,56 % contra 1,5 % de las que crecían sobre suelo no encalado.

Estudiando el efecto del Al sobre la absorción y traslocación de Ca, en raíces de plántulas de trigo, Johnson y Jarckson (1964) encontraron que la inhibición de la absorción de calcio no era revertida con aumentos importantes del suministro de calcio, cuando las plantas ya habían sido afectadas. Comprobaron también que el aluminio deprimía la traslocación de calcio a la parte aérea a través de un mecanismo diferente del que limitaba la absorción.

Kamprath y Foy (1971) citan a Lance y Pearson (1969) quienes observaron que el daño causado por el aluminio en

raíces de algodón era una reducción en la absorción de calcio. Los mismos autores reportaron que el efecto se anulaba al aumentar la concentración de calcio en la solución.

Andrew y otros (1973) comprobaron que el agregado de aluminio a soluciones nutritivas en las que crecían leguminosas redujo el contenido de calcio de las mismas. Estos autores observaron que las concentraciones de calcio eran menores en la raíz que en la parte aérea y que la relación se mantenía al agregar aluminio a la solución nutritiva.

#### 2.1.3.3. Efecto Sobre la Disponibilidad del Magnesio.

En 1967 Kamprath observó que la deficiencia de magnesio se producía generalmente en suelos con pH menor a 5,0 y con 50 % ó más de saturación con Al.

Kamprath y Foy (1971) sugirieron que la reducción en la absorción de Mg en los suelos fuertemente ácidos era debida a un antagonismo con el Al, y no a niveles deficitarios en el suelo.

Andrew y otros (1973) cultivando varias leguminosas en

soluciones nutritivas comprobaron que el agregado de Al elevaba el contenido de Mg y disminuía el calcio, en aquellas especies más resistentes a la toxicidad por Al.

Estos autores determinaron que la mayor absorción no era debida a algún estímulo provocado por el aluminio sobre la absorción de Mg, sino que estaba relacionado con el mantenimiento del balance cationico interno.

Adams y Pearson (1967) afirman que las diferencias de Mg en suelos ácidos puede aparecer debido a: 1) Baja CIC del suelo, 2)Aplicaciones de enmiendas calcáreas que contengan poco Mg, 3)Alto nivel de aplicación de fertilizantes amoníacales, durante largo tiempo. 4)Excesivo lavado del perfil del suelo, 5)Altas dosis de fertilizantes potásicos, 6)Crecimiento de cultivos muy exigentes en Mg (tabaco, citrus, papas,etc).

#### 2.1.4. Efectos de los Niveles Tóxicos de Al en Plantas.

En 1957, Quellette y Dessureaux cultivando alfalfa en soluciones nutritivas que contenían diferentes niveles de Al no observaron síntomas de toxicidad hasta las 200 ppm, de 200 a 325 ppm aparecían síntomas leves, de 325 a 450 ppm la toxicidad ya era severa.

Munns (1965 b,c) en cultivo de alfalfa en soluciones

nutritivas y en suelos ácidos, pudo asociar la aparición de síntomas de toxicidad con concentraciones de aluminio en la parte aérea de las plantas que variaba de 3 a 10 microgramo/gramo de materia seca. El contenido de aluminio en las raíces era superior al de hojas y tallos, principalmente en los tratamientos con las dosis mayores de aluminio.

Andrew y otros (1973) comparando el comportamiento de varias leguminosas en soluciones nutritivas determinaron que aumentaba el contenido de aluminio en las plantas a medida que aumentaba el contenido de aluminio en la solución; determinando también que la concentración era mayor en las raíces que en la parte aérea. La relación de aluminio en las raíces sobre aluminio en la parte aérea variaba de 1 a 6 en las plantas que crecían en la solución libre de aluminio y de 20 a 40 en aquellas que crecían en la solución que contenía 1 ppm de aluminio en la solución. Los autores sugirieron que el efecto se debería a precipitaciones o absorción del aluminio en las raíces. Cuando la solución contenía 2 ppm de aluminio el trébol blanco disminuía 30 % su rendimiento respecto al testigo, mientras que la alfalfa ya había sido afectada fuertemente por 0,5 ppm en la solución.

#### 2.1.4.1. Susceptibilidad al Aluminio.

Jones (1961), Clarkson (1966) y Thoday y Evans (1931) citados por Andrew y otros (1973), demostraron que algunas especies pueden producir ácidos orgánicos que forman complejos estables con el aluminio y así logran su detoxificación.

Este mecanismo podría estar explicando la tolerancia de algunas especies.

Andrew y otros (1973) observaron que ciertas especies, que toleraban concentraciones altas de aluminio en solución, reaccionaban en forma positiva cuando se agregaba una dosis baja de aluminio (0,5 ppm) a la solución de crecimiento. No pudieron determinar si el Al creaba un mejor balance de nutrientes ó si era esencial en el metabolismo de esas plantas.

Foy et al. (1965) trabajando con plantas de trigo de diferente sensibilidad al Al, encontraron que las menos sensibles elevaban el pH de la solución en que crecían precipitando el Al, mientras que las más susceptibles lo reducían. Sin embargo, Mc Lean y Gilbert (1927, citado por Black 1975) y otros autores posteriores, reportaron que la tendencia de algunas plantas de cambiar el pH de solución en

que crecen, no está correlacionada con su sensibilidad al aluminio.

Quellette y Dessureax, (1957) determinaron que los clones de alfalfa más tolerantes tenían concentraciones menores de este elemento en la parte aérea y concentraciones mayores en las raíces, que los clones más sensibles.

Hutchinson y Hunter (1970) sugieren que las plantas con raíces de baja CIC absorben preferentemente los iones monovalentes frente a los trivalentes como el Al y son por esto menos sensibles a los efectos tóxicos de éste.

Distintas tolerancias al aluminio se han encontrado entre las especies y variedades de una especie, por numerosos autores. Entre las forrajeras más comunmente utilizadas se considera que la alfalfa es muy sensible a la toxicidad, mientras que el trébol subterráneo ha demostrado que puede soportar concentraciones relativamente altas en el medio de cultivo (Helyar y Anderson, 1971 y Munns, 1965 b).

#### 2.1.5. Efecto de la Toxicidad por Manganeso.

Morris y Pierre (1948) señalaron que la toxicidad por manganeso puede ser uno de las limitantes fundamentales al

crecimiento vegetal en muchos suelos ácidos. A diferencia de la toxicidad por aluminio, la toxicidad por manganeso presenta síntomas característicos en la parte aérea y no afecta el crecimiento de las raíces. Los primeros síntomas son, clorosis entre las venas principales, sobre los márgenes ó en moteados a veces con coloraciones rojizas, posteriormente aparecen necrosamientos y caída de hojas.

La naturaleza química del Mn en el suelo y por ende su disponibilidad, varía con el pH, la materia orgánica, la humedad y la temperatura.

El Mn no parece tener efectos tóxicos en las primeras etapas. Manhaes, Souto y Dobereiner (1969) no observaron efectos tóxicos del manganeso en la germinación de semillas, cuando la concentración de Mn en el suelo era tan alta que producía la muerte de las plantas.

En 1950 Schmehl y otros reportaron que el rendimiento de plantas de alfalfa no se veía afectado hasta que los síntomas que aparecían en el follaje eran severos. Las plantas que presentaban síntomas claros de toxicidad contenían 1000 a 1200 ppm de Mn y plantas normales 300 a 400 ppm de Mn.

Según Adams y Pearson (1967) para que exista toxicidad por Mn, los niveles en el suelo deben ser como mínimo de 50\_100

ppm de Mn.

La resistencia a la toxicidad es variable dependiendo de la especie que se trate. Borrow (1965) estudiando la tolerancia al Mn del trébol subterráneo encontró que éste era tolerante hasta altos niveles del mismo en planta (1000 ppm). Los rendimientos no fueron afectados por la máxima concentración de 1810 ppm.

Rolt (1968) cita a Mc Naught (1962) quien estudiando la toxicidad por Mn en trébol blanco encontró valores críticos de 150 a 200 ppm en planta y a Walker, Adams y Orchistan (1956) quienes reportaron niveles tóxicos por encima de 60 a 80 ppm.

Bolt (1968) reportó que niveles por encima de 100 ppm aparecieron asociados a síntomas de toxicidad. A diferencia de la toxicidad por Al, el agregado de P no alivia la toxicidad del Mn, sino que altas aplicaciones de fosfatos pueden hacerla más aguda.

Truong y otros (1971) observaron que el agregado de altos niveles de fosfatos a soluciones nutritivas que contenían 13 y 30 ppm, disminuían los rendimientos de trébol blanco y

aumentaban las concentraciones de Mn en la parte aérea. La intensificación de la toxicidad se debía a un efecto positivo del fósforo sobre la absorción del Mn.

Deficiencias más o menos severas de N han aparecido asociadas con altas concentraciones de Mn según (Widonson y Walker, 1971). Sugiriendo que el Mn actuaría negativamente sobre la fijación simbiótica, sin que resulte claro aún.

Palazzo y Duell (1974) señalaron un nivel de 500 ppm para causar toxicidad en suelos ácidos con gramíneas y leguminosas.

Andrew y Hegarty (1969) señalaron como concentración tóxica de Mn la de 650 ppm en la parte aérea del trébol blanco.

Coochmis (1956, citado por Andrew y Hegarty, 1969) estableció un límite crítico para la toxicidad entre 726 y 813 ppm y sugirió que la capacidad de la planta para tolerarla dependía de las posibilidades de retenerlo en el sistema radicular.

Quellette y Dessureaux (1958) observaron que los síntomas severos de toxicidad por Mn aparecían alrededor de las 400 ppm en planta trabajando con clones de alfalfa en soluciones

nutritivas cuando la solución contenía 0,5 ppm para los clones sensibles, mientras que en los resistentes los síntomas eran leves cuando la concentración en planta era de 625 ppm y la solución contenía 25 ppm.

#### 2.1.6. Efecto en los Micronutrientes.

La solubilidad de los micronutrientes en el suelo está afectada por el pH.

En suelos fuertemente ácidos la disponibilidad de Mo es menor que en aquellos moderadamente ácidos a pesar de que su deficiencia pueda ocurrir en un amplio rango de valores de pH (Adams y Pearson, 1967).

Parker y Harris (1962), Kliewer y otros (1960) señalaron que en los suelos ácidos generalmente existen altos niveles de Mo no disponible y el agregado de cal aumenta su disponibilidad liberándolo de donde estaba retenido.

Segun Coleman y otros (1958) otros micronutrientes se comportan en forma contraria disminuyendo su disponibilidad en la medida que aumenta el pH del suelo, caso del Bo, Fe, Zn y Mn. Con el Cu ocurre lo mismo, siempre que existan grandes cantidades de dicho elemento, Black (1975).

### 2.1.7. Efecto en la Fijación Simbiótica de Nitrógeno.

En general las leguminosas que crecen en suelos muy ácidos y responden mucho más que otras especies al encalado. Esto se explica en parte por la importancia de la acidez en las concentraciones de calcio y molibdeno del suelo, en la fijación simbiótica de nitrógeno.

Es conocido que el pH afecta la nodulación y fijación de N y consecuentemente el rendimiento de las leguminosas.

Burton (1972) reportó que las cepas de *Rhizobium meliloti* son más sensibles a la acidez y se desarrollan muy poco por debajo de pH 5.

En suelos moderadamente ácidos, la respuesta de la alfalfa está asociada con su aumento en el suministro de nitrógeno simbiótico (Munns, 1965 a).

En algunos suelos las altas concentraciones de aluminio impiden el desarrollo de los nódulos.

Según Kamprath y Foy (1971), el principal efecto del aluminio está relacionado con la depresión del crecimiento radicular. Consecuentemente habrían menos posibilidades que

puedan formarse nódulos.

En la etapa de nodulación, la sobrevivencia y el crecimiento de los rhizobios se deprime por una concentración elevada de hidrógeno. El agregado de Mo a un suelo de pH 5,3 disminuía el número total de nódulos pero aumentaba su tamaño según Kliewer y otros (1960), quienes observaron que un menor número de nódulos grandes fijaba más N que un gran número de nódulos de tamaño pequeño, y concluyeron que el Mo no afecta el proceso de inoculación, sino la capacidad de fijación de N de los nódulos.

Anderson (1956) reportó que los requerimientos de Mo de la planta huésped pueden ser satisfechos en suelos de pobre suministro de Mo, aunque se han constatado excepciones. Se ha sugerido que el incremento en el número de nódulos se explica por la deficiencia de N (producto a su vez de la deficiencia de Mo), que torna a las plantas más susceptibles a la infección por rhizobium.

La baja disponibilidad de calcio en suelos ácidos es otro factor que limita la fijación de N.

Adams (1970) observó que pequeños agregados de cal en la

inoculación de semillas mejoran la nodulación. El rol del Ca se da principalmente a nivel de la pared celular, que no puede ser atacada por el rhizobium en caso de deficiencia.

Aunque la planta esté nodulada la fijación de N es sensible al suministro de Ca; no se da a nivel de los nódulos, sino de la planta, y sus requerimientos para fijación son mayores que para el crecimiento (Jackson, 1967).

El rhizobium es más sensible a la acidez que la planta huésped (Timer, 1960), aunque esta sensibilidad es mayor en el momento de la infección y posteriores descensos del pH, hasta 4,4 no afectan la fijación (Munns, 1968 a).

## 2.2. EFECTOS DEL ENCALADO SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETAL.

### 2.2.1. Efectos Principales.

El encalado es una práctica básica en suelos ácidos para aumentar los rendimientos de los cultivos y la eficiencia de los fertilizantes aplicados.

Según Pearson (1958) entre los principales efectos del agregado de cal en los suelos ácidos es producir la reducción de los niveles tóxicos de aluminio y manganeso, el suministro adecuado de Ca y Mg como nutrientes, el aumento del suministro de nutrientes nativos del suelo, el mejoramiento

del desarrollo radicular, el mantenimiento de la disponibilidad de los nutrientes aplicados al suelo a favor de tipos deseables. Siendo variable los efectos de c/u de éstos factores con las condiciones específicas del suelo. Es importante además considerar que la respuesta de las plantas a la cal está relacionada con su tolerancia relativa a los factores tóxicos de la acidez del suelo.

#### 2.2.2. Reacciones de la Cal con el Suelo.

Cuando un material calcáreo es agregado a un suelo ácido se produce una reacción de neutralización cuya fórmula clásica es la siguiente:  $\text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}^{+2} + \text{HCO}_3 + \text{OH}$ .

Si existen iones  $\text{H}^+$  en solución, los iones  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{HCO}_3^-$  incrementarán su número.

Según Coleman y otros (1958) en los suelos ácidos la concentración de iones  $\text{H}^+$  es función de la tasa de hidrólisis del Al y de los hidróxidos de Fe y Al.

El mismo autor señala que el grado con que un material calcáreo reacciona con el suelo, depende del tamaño de partícula del mismo, del grado de contacto entre la cal y el suelo y en menor medida de las características del suelo.

Jackson (1967) sostuvo que el grado de humedad del suelo tiene importancia en la velocidad de reacción del calcáreo aplicado.

En relación al tamaño de partícula Melich y Volk, citados por Coleman y otros (1958), observaron que las partículas que pasan la mallas de 4\_8 tienen poco valor como correctores del suelo y las de 20\_30 mallas requieren un extenso período de reacción.

Kamprath (1970) determinó que el encalado de un suelo ácido aumenta su CIC efectiva a través de dos mecanismos básicos, en primer lugar desplaza y precipita el aluminio que en estos suelos está fuertemente enlazado y es muy poco recuperable por otros cationes, y en segundo lugar al aumentar el pH tiene un mayor número de sitios activos para el intercambio.

Según el mismo autor los agregados de materiales calcáreos en cantidades menores ó iguales a los necesarios para neutralizar el Al intercambiable reaccionaban en primer lugar con él, y que muy poca acidez provocada por H<sup>+</sup> de los hidróxidos de Fe o Al ó grupos carboxilos de la materia orgánica era neutralizada.

Coleman y Thomas (1967) determinaron que el encalado reduce

la CIC efectiva hasta alcanzar un pH de 5,5 y luego la incrementa a pH mayores.

### 2.2.3. Efecto Sobre el Contenido de Elementos Tóxicos

Coleman y otros (1958) señalan que al neutralizarse la acidez intercambiable se sustituye aluminio por calcio, a través de una reacción de este tipo:



De esta forma la saturación del suelo con calcio aumenta y disminuye la del aluminio. Resultando extremadamente baja la concentración de aluminio en la solución a medida que el pH aumenta por la poca solubilidad del hidróxido de aluminio.

El encalado elimina la mayor parte del aluminio intercambiable, llevándolo a la forma de polímeros no intercambiables. Generalmente no se encala hasta este punto y existe parte de la acidez titulable sin neutralizar.

Hourigan y otros (1961), trabajando en un ensayo sobre 2 suelos ácidos, uno con Al intercambiable y otro sin, observaron que el primero respondió a la cal en proporción a su contenido de Al.

En 1970, Hutchinson y Hunter trabajando en alfalfa y cebada, observaron que la respuesta a la cal no se obtenía hasta llegar a pH 5,5 punto en el que se reducía al mínimos los niveles del Al intercambiable.

Con el agregado de 2 ton/acre de cal Kehol y Curnow, redujeron el contenido de Al intercambiable de 0,8 meq/100gr. a cero, evitando así, el efecto negativo del ion Al en el crecimiento radicular del trébol subterráneo.

En ensayos maceteros, Jauregui y Menéndez (1982) encontraron trabajando con un amplio rango de suelos ácidos del país que contenían 0,45 a 17,5 meq Al/100gr. Síntomas de toxicidad por aluminio que desaparecieron al encalar el suelo. También se observaron síntomas de toxicidad por Mn en las parcelas no encaladas que contenían 372\_490 ppm.

Según Hemitt y otros (1945, citado por Schmel 1950) el efecto de la cal sobre el contenido de Mn en un suelo ácido es de dos tipos; en primer lugar disminuye la concentración de Mn soluble al aumentar el pH; en segundo lugar mejora el balance Ca:Mn en el suelo.

En cuanto a la forma de fijación del Mn por el encalado se ha observado que el contenido de Mn fácilmente reducible de

un suelo encalado aumenta con el tiempo, lo que parecería confirma la hipótesis de que la cal precipita el Mn y luego sobreviene un proceso de oxidación gradual del precipitado.

Kamprath y Foy (1971) según estos autores el contenido de Mn en solución esta muy relacionado con el pH y disminuye al aumentar el mismo a valores cercanos a 6,0.

Según Adams y Pearson (1967) el máximo pH al cual el Mn puede aparecer en concentraciones tóxicas en la solución del suelo es de 5,5.

Palazzo y Duell (1974) citan a Walker, quien encontró que el encalado reducía los niveles de Mn del suelo e incrementaba la extracción de N.

#### 2.2.4. Efecto Sobre la Disponibilidad de Cationes.

Roger citado por Pearson (1958) encontró que la eficiencia de utilización del K aplicado, pasó del 42 % al 85 % al aplicar 3629 Kg/Ha de cal. Pearson señaló además que el efecto que la cal ejerce sobre la disponibilidad de K directamente, aumenta la eficiencia de uso de éste y otros nutrientes.

Powell y Hutchinson (1965) reportaron que la cal estimulaba

la liberación del K intercambiable y reduce la fijación del K aplicado.

Pearson (1958) señaló que el encalado reduce la absorción por las plantas y puede inducir deficiencias de éste, como de otros nutrientes cuyo nivel en el suelo no sea suficiente para contrarrestar el efecto de la cal. Coleman y otros (1958) sugieren que para una óptima nutrición de las plantas es necesario considerar el balance de iones en el sistema de intercambio del suelo.

Helyar y Anderson (1971) observaron que la cal redujo los niveles de Al, Mn y aumentó el Ca, pero tuvo poco efecto sobre los niveles de otros cationes intercambiables y reportaron que todos los cationes a excepción del Ca redujeron su nivel en la solución del suelo.

Pearson (1958) señaló que el efecto de la cal sobre la concentración de cationes en la solución del suelo, se explica por que al encalar, los iones H y Al son sustituidos por el Ca el cual al ser más débilmente retenido permite que los iones K u otros ocupen más posiciones de intercambio reduciendo su concentración en la solución.

La magnitud y dirección del efecto de la cal sobre la

liberación y fijación de cationes depende del contenido del cation en cuestión y de la capacidad del suelo para fijarlo Pearson (1958).

#### 2.2.5. Efecto Sobre la Disponibilidad del Fósforo.

Krath y Foy (1971) señalaron que el efecto del encalado sobre la disponibilidad de fósforo incluye varios factores; como la neutralización del Al intercambiable, la influencia del Ph sobre la reactividad de los óxidos hidratados de hierro y aluminio y un aumento en la saturación de calcio.

Pearson (1958) reportó que la cal mejora el efecto residual de las aplicaciones de fosfatos, pero usualmente reduce su disponibilidad inmediata, reduciendo la utilización de fósforo del fertilizante. Se produce una reducción inicial del P disponible del fertilizante y un incremento en la disponibilidad del P nativo. Esta reacción inicial en la disponibilidad de P se explica por que se obtienen formas de fosfatos básicos, al reaccionar el fertilizante con la fracción del suelo enriquecido con Ca y Mg.

En suelos ácidos el aluminio reacciona con el fosfato formando una sal apenas soluble Black (1975).

Algunos autores han señalado que los suelos meteorizados contienen óxidos hidratados de Fe y Al cristalinos y amorfos que son capaces de fijar fosfatos a travez de reacciones de absorción y/o precipitación (Cho, Cha y Cadwell, 1959; Hsu, Rich, Lindsay Moreno 1960; Lindsay y Stephenson 1959).

Se ha detectado además que la mayor parte del P agregado a suelos ácidos se encontraba como fosfatos de hierro y aluminio, aunque los agregados de fosfatos se hicieron en dosis muy altas.

Munns (1965) trabajando en un suelo ácido con alfalfa que contenía Al, necesitó cuatro veces más de superfosfato para alcanzar el mismo rendimiento del suelo encalado; concluyó que la neutralización del Al atribuido a la cal en el suelo acidulado disminuía el requerimiento de P.

Bache 1964, Hsu y Rennie 1962 (citados por Kamprath y Foy 1971) determinaron que la fijación de fosfatos por los hidróxidos de hierro y aluminio en los suelos ácidos disminuía al aumentar el pH.

Se ha observado que el encalado aumenta la disponibilidad de fosfatos agregados cuando el nivel de sesquióxidos es alto, pero no tiene efecto cuando el suelo no tiene

sesquióxidos (Robertson y otros 1954). Estos autores observaron que en suelos con alto contenido de fósforo y que habían sido intensamente cultivados el encalado reducía la disponibilidad de fósforo agregado.

Chandler, 1941 (citado por Kamprath y Foy, 1971) encontró que una saturación excesiva de Ca puede provocar disminuciones en la disponibilidad de P por la formación de fosfatos de calcio poco solubles. Analizando el efecto de la saturación creciente de arcillas con calcio, este autor encontró que al pasar el porcentaje de saturación con calcio de 0 a 58 % había una reducción en el fósforo absorbido de 61 a 30 ppm, posteriormente al pasar el % de saturación de 58 a 100 ppm el P absorbido aumentaba de 30 a 70 ppm. Robertson y otros (1954) reportaron que por encima de pH 6,2 se produce la formación de fosfato tricalcico muy poco soluble.

Cultivando trébol subterráneo, Zamalvide y otros (1970) encontraron un efecto depresivo inicial de la cal sobre los rendimientos. Sugirieron que la cal aumentó la fijación de P inorgánico lo que no pudo ser compensado por el incremento en la mineralización del fósforo orgánico. Observaron que este efecto se reducía e incluso se invertía con el transcurso del tiempo, aumentando la respuesta en los tratamientos con cal,

mientras se reducía en los testigos.

Kehol y Curnow (1963) indicaron que la mayor absorción en suelos encalados podía atribuirse a una mayor habilidad de las plantas para tomar fósforo, más que a un aumento en la tasa de suministro.

#### 2.2.6. Efecto Sobre la Disponibilidad de Micronutrientes.

York, Bradfield y Peech (1954); Black (1975) y Coleman y otros (1958) han reportado que las disponibilidades de Bo, Fe, Zn y Mn disminuyen al aumentar el pH mientras que aumenta la de Mo.

Price y Moschler (1951, citados por Ried, Post y Jung 1970) reportaron un significativo decremento en el contenido de Cu, Co, Mn, Fe, Zn y un incremento en la concentración de Mo después de 5 y 9 años de aplicación de cal.

Los efectos del encalado sobre el contenido de elementos traza fueron examinados por Mitchell (1954) y Ritch y Mitchell, 1964 (citados por Ried, Post y Jung 1970). Observaron una reducción en el contenido de Co, Mn, Zn a veces Cu y un aumento en las concentraciones de Mo en los tejidos de las plantas analizadas.

### 2.2.7. Efectos Sobre la Fijación Simbiótica de Nitrógeno.

Jauregui y Menéndez (1972) señalaron que en suelos ácidos arenosos, se puede esperar que el encalado favorezca el desarrollo de nódulos, y mejore su eficiencia. Así las plantas que crecieron sobre suelo encalado contenían más nitrógeno.

Mallarino y otros (1979) encontraron que en las parcelas encaladas la alfalfa presentaba mayor producción y mayor porcentaje de N en la parte aérea, sugiriendo mayor fijación de N.

### 2.3. EFECTO DEL FOSFORO SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETAL.

En nuestro país el fósforo se considera como el elemento nutritivo más limitante de la producción forrajera.

El fósforo *considerado* como un macronutriente aunque su contenido en las plantas sea menor que el de N, K y Ca es el más importante como factor limitante aún que el Ca y el K.

El fósforo es relativamente estable en los suelos contrariamente a lo que sucede con otros nutrientes, caso extremo de las formas inorgánicas del nitrógeno. Esta alta estabilidad sería la causa inmediata de la deficiencia de P

en los suelos para las plantas. Siendo muy importante poder aumentar la solubilidad de estas pequeñas cantidades para la mayor absorción por las plantas.

El fósforo del suelo para sus estudios se ha dividido en P orgánico y P inorgánico, y éste a su vez en el P fijado y lábil que se encuentra en equilibrio con el P en la solución del suelo. En cuanto al P orgánico éste varía directamente con el contenido de materia orgánica del suelo.

Para la mayoría de los suelos nuestros sin fertilizar los contenidos de fósforo varían de 1 a 10 ppm.

Las formas orgánicas del fósforo son de importancia relativa para la nutrición de las plantas ya que éstas liberan P lentamente y éste puede ser fijado por el suelo en el corto plazo.

El P inorgánico se encuentra en el suelo en diversas formas químicas, de diferente estabilidad y por lo tanto diferente disponibilidad para la nutrición de las plantas.

En los suelos ácidos el fósforo es retenido por precipitación: cuando existen en la solución del suelo iones  $Al^{+++}$  ó posiblemente  $Fe^{+++}$  y por adsorción cuando reacciona

con cationes en las superficies de las fracciones del suelo (arcillas aluminosilicatadas, óxidos de Fe e Hidróxidos de Al).

## 2.4. EFECTO DEL ENCALADO APLICADO EN COBERTURA.

### 2.4.1. Efectos a Corto y Largo Plazo Sobre el pH, P, Ca y Mg en el Suelo.

Brown B.A. y otros (1956) en suelos de textura limo arcillo arenosa con 50 % de arcilla y que no habían sido laboreados desde 1895, en 1939 hicieron encalados en superficie con 1, 2, 4, 8 y 16 Ton/Há incrementando el pH para las profundidades de 6, 12, 15, y 24 pulgadas respectivamente. Posteriormente en 1953, el pH había aumentado para las profundidades de 8, 10, 24 y 34 pulgadas. Luego del largo periodo de tiempo, dos años después del encalado los resultados mostraron que las altas cantidades de cal, no habían afectado los valores de pH del suelo cerca de las profundidades donde había sido aplicada. La pulgada más superficial del suelo había mantenido el pH 5 años después con 1, 2 y 4 Ton/Ha; y 9 años después con 8 y 16 Ton/Ha.

Durante los 20 años anteriores varias habían sido las publicaciones sobre el efecto del encalado para varias profundidades, pero pocos eran los reportes que habían encontrado que la cal ubicada en la superficie del suelo

también producía marcados efectos en reducir la acidez en profundidad (Blair, A.W. y Prince, A.L; 1934, 1937, 1939) citados por Brown, B.A. y otros (1956).

Hoyt, P.B. y Drougt, B.G. (1989) en un suelo clasificado como un brunosol eluvial districo de textura limosa arenosa hicieron aplicaciones en superficie de calcita, dolomita y también incorporada en los primeros 25 cm de profundidad. Cuando la cal fue aplicada en superficie ninguno de los tratamientos incrementó significativamente el pH del suelo un año después para los 5 cm de profundidad.

Contrariamente, donde la cal fue incorporada (0 a 7,5 cm de profundidad) la mayoría de los tratamientos resultaron en significativos aumentos de pH con la incorporación en profundidad.

Lo inverso ocurrió 4 años después del encalado entre el efecto en superficie y el incorporado para los 5 cm de profundidad. Más de la mitad de los tratamientos donde la cal fue aplicada en superficie incrementó significativamente el pH, mientras que menos de la mitad de los tratamientos, donde la cal fue incorporada incrementó significativamente el pH. Para la cal incorporada los valores de pH usuales disminuyeron 1 año después del encalado. Los valores de Ca, Mg y pH

reportados son similares para todas las otras profundidades (mayores a 5 cm), tanto en los tratamientos donde fue aplicada en superficie como incorporada. El calcio disminuyó significativamente para los 15 cm de profundidad donde la cal fué incorporada. Los niveles de Mg reportados fueron los mismos para los dos métodos de aplicación, para todas las profundidades.

Bromfield et al. (1987) reportó que 6 años después del encalado, el pH se incrementó para la profundidad de 15 y 20 cm respectivamente bajo la aplicación superficial y la incorporación.

Mc Kenzie et al. (1988) reportó que 7 años después del encalado con 0, 4, 6 y 8 Ton/Há el Al soluble en los 45 a 75 cm de profundidad era 36, 24, 20 y 16 mg/Kg respectivamente.

Rechcigl, J.E. y otros (1985) en un ensayo sobre suelos ácidos provistos con suficiente Ca, N, Mo y cal, tanto con cal aplicada en cobertura, como incorporada, durante dos años; reportaron, que comparando los tratamientos con el control, la aplicación de cal superficial incrementó el rendimiento de alfalfa en los dos años (1985\_1986). En el ensayo planteado, el pH del suelo encalado y no encalado en

los 5 cm superficiales era de 6,7 y 4,8 y el Al intercambiable 2 y 21 mg/Kg. El resultado de este estudio reportó, que la aplicación de cal superficial es importante para el establecimiento y producción de alfalfa en suelos ácidos, aumentando la fijación de N, que sería la principal limitante en éstos.

La aplicación superficial y la incorporación de dolomita incrementó el pH en la parte superficial del perfil. La caliza según la cantidad cuando fue incorporada incrementó el pH en los 5 cm superficiales. Mientras que la aplicación superficial, incrementó el pH del suelo en los 2,5 cm de profundidad, pero no fue influenciado por la cantidad aplicada.

El nivel de Al intercambiable en los 10 cm superficiales era 0,6 para el encalado y 32,3 mg/Kg. para el no encalado respectivamente.

Los niveles de Ca en los 10 cm superficiales, en relación al control son sustancialmente altos en los tratamientos que recibieron altas cantidades de caliza..

Los niveles de Ca para los 2,5 a 5 cm de profundidad fueron altos en los tratamientos con cal incorporada, en

relación a los que se aplicó en superficie.

Los niveles de Mg no tuvieron diferencias significativas para los diferentes tratamientos. Siendo los niveles medios de Mg en los 15 cm superficiales 15 mg/Kg.

Rechcilig et al. 1985 (b) basado en este estudio y en otros conducidos por el mismo, concluye que la alfalfa sin laboreo podría producir en suelos ácidos con la aplicación superficial de cal.

Bromfield S.M. y otros (1987) sobre pasturas comerciales y en ensayos con cal en el distrito de Crookwell muestrearon y midieron el pH a intervalos de 2 y 5 cm de profundidad. Donde la aplicación única de cal (3,6 y 5,6 Ton/Há dependiendo del suelo) incorporada en los 10 cm superficiales tuvo un largo efecto en el mantenimiento del pH encima de 5,5 en los primeros 30 cm por lo menos en 12 años.

La cal aplicada en superficie sobre el suelo granítico levantó el pH por lo menos en 0,2 unidades para la profundidad de 15 cm, después de 6 años.

El rol de la aplicación superficial de cal fue prevenir la acidez subsuperficial desarrollada bajo pasturas y corregir

la acidez superficial en suelos de texturas livianas.

Como resultados obtuvo en primer término, que comparando el perfil para pasturas comerciales encaladas y no encaladas 12 y 13 años después; el suelo con cal incorporada en los 10 cm superficiales tenía perfiles que eran considerablemente menos ácidos que los suelos no encalados. Siendo la diferencia 0,8 unidades de pH en los 10 cm superficiales y cerca de 0,3 unidades para la profundidad de 15 a 20 cm en el suelo sobre granito.

En otra comparación, usando el pH del perfil para el ensayo encalado sobre un suelo ácido natural de Virginia, mostró que la aplicación superficial de cal 13 años después a la instalación había mantenido alto el pH en los 5 cm superficiales en relación, al no encalado y también aumentó el pH para la profundidad de 10 a 15 cm para las 3,3 y 5,5 Ton/Há aplicadas respectivamente.

Los cambios en el pH con el tiempo posterior a la aplicación mostraron que en los primeros 10 cm superficiales la alta cantidad de cal aplicada mantenía por 6 años relativamente alto y constante el pH en relación al no encalado. En el suelo granítico esto indicó que el pH había disminuído con el tiempo.

Los cambios en el pH con la profundidad bajo aplicación superficial de cal, en el muestreo anual para intervalos de 2 cm en los ensayos con aplicaciones superficiales mostraron que el pH había incrementado para la profundidad de 15 cm en varias ocasiones. La profundidad afectada y la diferencia actual entre el pH superficial y en profundidad, dependió del tipo de suelo, la cantidad de cal aplicada en superficie y el tiempo desde la aplicación.

Después de 6 años la diferencia de pH para los 2 cm superficiales y para 8 a 10 cm de profundidad fue 0,65, 1 y 1,3 unidades de pH para 0, 1,7 y 3,5 Ton/Há en el suelo granítico. La profundidad para la cual la cal había incrementado el pH por lo menos 0,2 unidades de pH fue 6 a 8 y 14 a 16 cm para 1,7 y 3,5 Ton/Há. sobre granito.

### 3. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1. LOCALIZACION DEL ENSAYO.

El ensayo fue instalado en la 8a. seccional del departamento de Cerro Largo próximo a la localidad de Cerro de las Cuentas a principios del año 1990. En Tupambaé, establecimiento cuya propiedad corresponde al S. José Sarli sobre la Ruta No. 7.

#### 3.2. CARACTERIZTICAS DEL SUELO.

El ensayo fue instalado sobre un Brunosol Subéutrico Háptico de textura Ar/Fr/Gr de la unidad Sierra de Polanco cuyas principales características químicas figuran a continuación:

Prof.	Ac. Intercamb.	Ac. Titulable.	M.O.	P.
2,5 cm	0,16 meq.	5,9 meq.	6,8%	3 ppm.
7,5 cm	0,93 meq.	4,2 meq.	3,80%	2 ppm.
15 cm	1,13 meq.	4,3 meq.	2,9%	1 ppm.

#### 3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental utilizado para el experimento fue de parcelas en bloques al azar, con tres repeticiones.

### 3.4. TRATAMIENTOS.

Se propusieron cuatro niveles de encalado, combinados con dos de fósforo.

Los niveles de encalado fueron 0 Kg/Há.(C0), 500 Kg/Há.(C1), 1000 Kg/Há.(C2) y 1500 Kg/Há.(C3). Los niveles de fósforo fueron 0 KgP2O5/Há.(P0) y 80 KgP2O5/Há.(P1).

### 3.5. MANEJO DEL ENSAYO.

El encalado del ensayo se comenzó en diciembre de 1989 (6 meses antes de la siembra) con un material que tenía estas características: finura, 70%; Pasa por malla 80; poder neutralizante 96%; MgCO<sub>3</sub> 3,2 %.

La fertilización fosfatada se realizó al voleo y a la siembra el 30/5/90.

La siembra se hizo con Lotus Corniculatus cv. San Gabriel en cobertura sobre un tapiz rasado con Honda, y a una densidad de 14 Kg/Há.

### 3.6. ANALISIS DEL SUELO.

Para los análisis del suelo se realizaron tres muestreos a tres profundidades, 0 a 2,5; 2,5 a 7,5; 7,5 a 15 cm, en las siguientes fechas 12/7/90; 17/12/90 y 24/4/91. En cada

muestreo se extrajeron 10 tomas por cada muestra.

Los análisis realizados en las muestras fueron P por el método Bray No.1, pH en H<sub>2</sub>O y KCL y % M.O. por el método de Walkley y Black, acidez intercambiable (extracción KCL 1N), Al intercambiable, acidez titulable a pH=7 (extractado con acetato de Ba bufferado a pH=7 ), K por fotometría de llama, Ca y Mg por absorción atómica.

### 3.7. MEDIDAS REALIZADAS EN PLANTAS.

Se realizaron tres cortes durante el tiempo en que se evaluó el ensayo. Estos cortes se realizaron con una pastera de lámina a una altura de 5 cm aproximadamente sobre un área de 1,5 ó 3 mts<sup>2</sup> que era utilizado para estimaciones posteriores.

El primer corte se efectuó el 20/10/90 y el material cortado era pesado y del mismo se extraía una muestra para determinar porcentaje de materia seca.

Junto al primer muestreo de suelos se hizo una estimación de densidad de plantas de leguminosas. Para la cual se utilizaron cuadros de 0,2 x 0,2 m y se promediaba el conteo de 5 cuadrados para cada parcela.

El segundo corte se efectuó el 17/12/90 y el material que era cortado se pesaba, pero la muestra para determinar % de materia seca se extraía de cortes con cuadros donde también se hacía composición botánica gravimétrica.

Finalmente en el tercer corte se volvió a utilizar la misma técnica. No se pudo hacer la composición botánica gravimétrica por la muy baja densidad de plantas de leguminosas que se vieron afectadas por la sequía estival seguramente.

Las muestras se secaron a estufa, se molieron en molino con (microwhile), excepto las muestras del último corte, que se desecharon por la mala calidad debido al alto % de material muerto y en descomposición, no siendo así de significancia sus análisis químicos posteriores.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN COBERTURA SOBRE LA PRODUCCION VEGETAL.

4.1.1. Efectos en la Producción de M.S. Total (tres cortes).

CUADRO No.1 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA SOBRE LA PRODUCCION DE MS TOTAL.

CAL	DOSIS DE FOSFORO				med.
	0	80		80	
	KgMS/Há	Rend. Rel.	kgMS/Há	Rend. Rel.	
CN	1310	83			
0	1578	100	3244	100	2411
500	1309	83	3400	104	2354
1000	1845	117	2508	77	2177
1500	1931	122	2798	86	2364
MED.	1666		2988		2368

CUADRO No.2 AN VA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE MS TOTAL.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	3579170,58	2	3,99	0,042	*
CAL	191189,45	3	0,14		
P	10402138,37	1	23,42	0,0003	***
CAL_P	2030365,45	3	1,51	0,254	
ERROR	6265338,08	14			
TOTAL	22548201,85	23			
MED.	2367,7.				
C.V.	28,75 %.				

**CUADRO No.3 REGRESION MULTIPLE PLANTEADA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE M.S. TOTAL.**

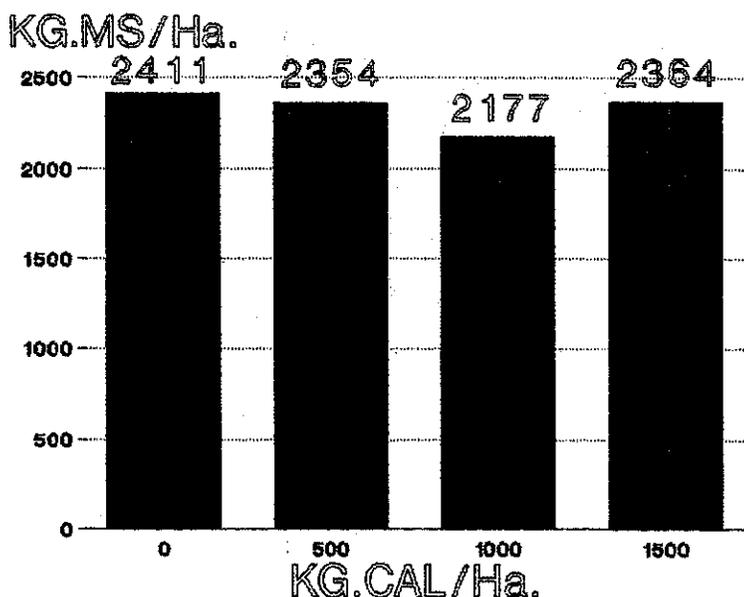
Variable	Coefficiente Regresion	Error Standard	Valor T de Student	Prob.	Signif.
CAL	4.7117e+001	1.0043e+003	0,047	0,963	
CAL2	2.4417e+002	6.1694e+002	0,396	0,696	
P	2.3699e+001	6.4521e+000	3,673	0,001	***
CAL_P	9.5692e+000	6.8976e+000	1,387	0,179	

Intercepcion =1487,60  
 Coefic. de Determinacion =0,519  
 Ajuste de R cuadrad. =0,418  
 Regres.Multiple =0,720  
 Error Estandar =755.591

**TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.**

	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	F	P	Signif.
Regresion	11700760.833333	4	2925190.20833	5.12	0.006	***
Error	10847441.125000	19	570917.95395			
Total	22548201.958333	23				

**GRAFICO No.1 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA SOBRE LA PRODUCCION DE MS TOTAL.**



una regresión, para el efecto de la cal.(Cuadro No.3).

Las anteriores tendencias observadas respecto a la cal y la interacción CAL x P quedarían así relegadas a una consideración parcial desde el punto de vista de la aplicación práctica.

Los resultados del encalado descartan la posibilidad de plantearse aumentar la producción de MS/Há con la consideración de esta única variable. Lo afirmado debemos restringirlo a este tipos de suelos, con los niveles de cal utilizados y de acuerdo a las condiciones iniciales en las que se llevó a cabo el ensayo.

#### 4.1.2. Efecto en la Producción de MS en el Primer Corte.

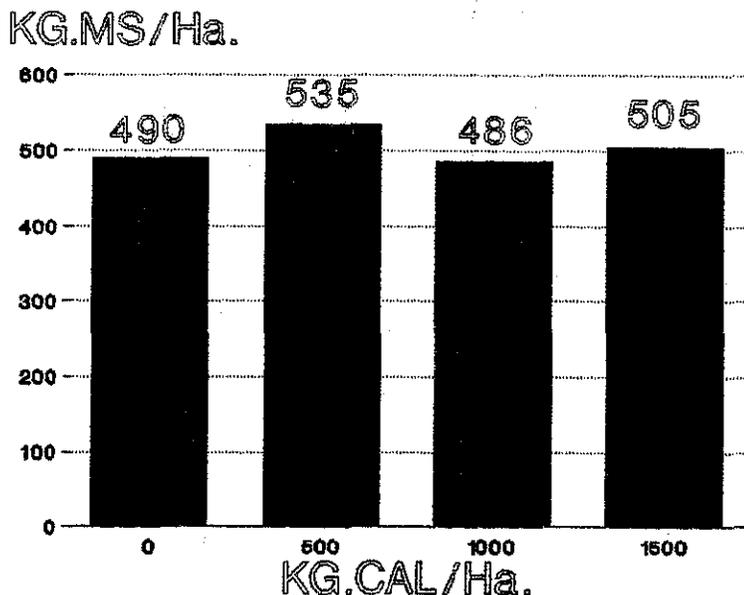
CUADRO No.4 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE MS EN EL PRIMER CORTE.

CAL	DOSIS DE FOSFORO				med.	
	0	80				
CN	KgMS/Há	Rend.	Rel.	kgMS/Há	Rend.	Rel.
	337	102				
0	331	100		649	100	490
500	325	98		745	114	535
1000	403	122		568	88	486
1500	414	125		595	92	505
MED.	368			639		504

**CUADRO No.5 AN VA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL PRIMER CORTE.**

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	135669	2	2,393	0,127	
CAL	9077	3	0,106		
P	440104	1	15,531	0,0015	***
CAL_P	65458	3	0,770		
ERROR	396702	14			
TOTAL	1047011	23			
MED.	503,9.				
C.V.	33,4 %.				

**GRAFICO No.2 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN COBERTURA SOBRE LA PRODUCCION DE MS EN EL PRIMER CORTE.**



En relación a los resultados del análisis de varianza los valores no son significativos para el efecto del encalado, ni de la interacción Cal\_P; pero si son muy significativos para la fertilización fosfatada, supuestamente por el rol fundamental que ésta tiene en la etapa inicial de implantación de las leguminosas y su crecimiento posterior.

En el primer corte, en cuanto al efecto del encalado y la fertilización fosfatada; no se comprobó efecto para el encalado de acuerdo a su análisis de varianza y si hubo un efecto de importancia para la fertilización fosfatada, que aumentó la producción como se comprueba en el cuadro No.4, 5 y gráfico No.2.

#### 4.1.3. Efecto en la Producción de MS en el Segundo Corte.

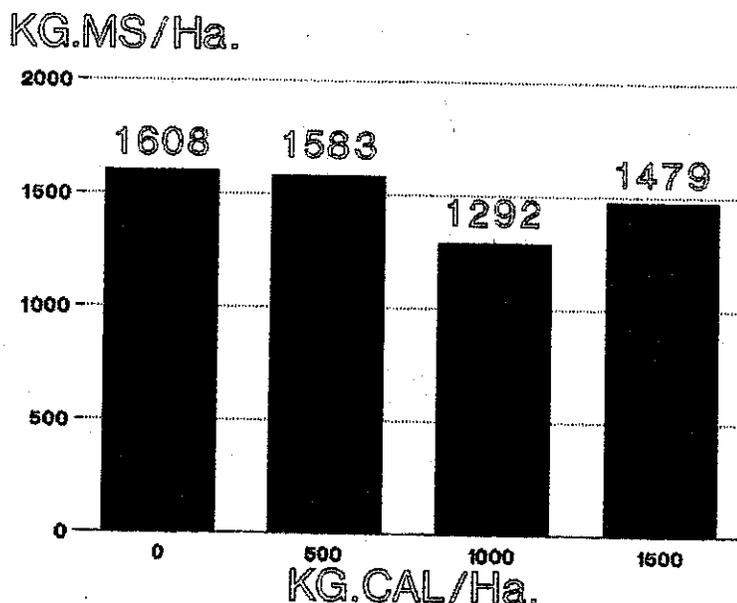
**CUADRO No.6 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE MS EN EL SEGUNDO CORTE.**

CAL CN	DOSIS DE FOSFORO				med.
	0 KgMS/Há	0 Rend.Rel.	72 kgMS/Há	80 Rend.Rel.	
0	935	100	2281	100	1608
500	842	90	2325	102	1583
1000	1061	113	1522	67	1292
1500	1141	122	1818	80	1479
MED.	995		1987		1491

**CUADRO No.7 AN VA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE MS EN EL SEGUNDO**

CORTE.						
Fuente	Suma de	Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	2704438		2	3,978	0,042	**
CAL	372736		3	0,365		
P	5897442		1	17,351	0,0010	***
CAL_P	1121727		3	1,100		
ERROR	4758319		14			
TOTAL	14854665		23			
MED.	1490.					
C.V.	39,11 %					

**GRAFICO No.3 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN COBERTURA SOBRE LA PRODUCCION DE MS EN EL SEGUNDO CORTE.**



La producción promedio para el efecto del encalado y la fertilización fosfatada de este corte, es muy superior a la de los otros cortes como se puede ver en los cuadros No. 4, 6 y 9. Su análisis de varianza cuadro No. 7, tuvo un efecto bloque significativo, un efecto muy significativo para el P y no tuvo significación para el encalado ni la interacción calxP. También lo estaría confirmando el análisis de regresión múltiple que da muy significativo para el efecto del P (anexo cuadro No.8). Lo anterior surgiría como consecuencia de que la leguminosa tiene un buen potencial para producir MS en esa época del año en respuesta al agregado de fósforo.

4.1.4. Efecto en la Producción de M.S. en el Tercer Corte.

CUADRO No. 9 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE MS EN EL TERCER CORTE.

CAL CN	DOSIS DE FOSFORO				med.
	0 KgMS/Há	0 Rend.Rel	80 KgMS/Há	80 Rend.Rel.	
	246	79			
0	312	100	315	100	314
500	238	76	331	105	284
1000	380	121	417	132	398
1500	375	120	385	122	389
MED.	326		362		344

CUADRO No. 10 AN VA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE MS EN EL TERCER CORTE.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	7310	2	0,360		
CAL	53576	3	1,761	0,20	
P	7848	1	0,774		
CAL_P	7911	3	0,260		
ERROR	141943	14			
TOTAL	218589	23			
MED.	344.				
C.V.	29,26 %.				

Del análisis del cuadro No.10 surge que no tuvieron significación estadística en el análisis de varianza el efecto del encalado, la fertilización fosfatada, ni la interacción Cal\_P en explicar el resultado de los rendimientos obtenidos. Si revisamos los datos del cuadro No. 9 vemos que el promedio de los tratamientos fertilizados con

P fueron superiores a los no fertilizados. El alto Coef.Var. no permitió obtener diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Correspondería mencionar que observando los valores de producción de MS/Há de los tres cortes en los cuadros 4, 6 y 9, se puede ver el comportamiento del campo natural; y su deficiencia de producción tanto en cantidad, como calidad (como se ve más adelante) respecto a los tratamientos con la leguminosa incorporada y fertilizada. Si bien las diferencias observadas no fueron de gran magnitud, el hecho de que se produzcan en el primer año de evaluación, permitiría pensar que dicha tendencia podrían ser más claras en años posteriores.

#### 4.1.5. Efecto en el Establecimiento de la Leguminosa.

**CUADRO No.11 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA LEGUMINOSA. (plts/mue. plantas/0,2 m2)**

CAL	DOSIS DE FOSFORO				med
	0	80			
CN	plts/mue.	Rend. Rel.	plts/mue.	Rend. Rel.	
0	15	100	11	100	13
500	14	93	20	181	17
1000	15	100	18	163	17
1500	17	113	10	91	14
MED.	15		15		15

**CUADRO No.12 AN VA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA LEGUMINOSA.**

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	134,33	2	3,110	0,07	*
CAL	78,45	3	1,211	0,34	
P	1,04	1	0,048		
CAL_P	155,79	3	2,404	0,11	
ERROR	302,33	14			
TOTAL	671,95	23			
MED.	15,2.				
C.V.	30,56 %				

El análisis de varianza para el efecto del encalado, la fertilización fosfatada y la interacción de las mismas sobre el establecimiento de la leguminosa no fue significativo siendolo sólo para el efecto bloques.( cuadros No.11 y 12 )

**4.1.6. Efecto sobre el % de MS del Lotus en el Segundo Corte.**

**CUADRO No.13 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL % DE MS DEL LOTUS EN EL SEGUNDO CORTE.**

CAL CN	DOSIS DE FOSFORO				med
	0	80	0	80	
	%MS	Rend.Rel.	%MS	Rend.Rel.	
0	7	100	56	100	31
500	3	47	48	76	26
1000	15	214	29	52	22
1500	14	207	20	35	17
MED.	10		39		24

CUADRO No.14 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL % DEL LOTUS EN LA MS DEL SEGUNDO CORTE.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	63,583	2	0,3625		
CAL	661,458	3	2,5142	0,1007	*
P	4902,042	1	55,8978	0,0000	***
CAL_P	2182,12	3	8,2942	0,0020	***
ERROR	1227,75	14			
TOTAL	9036,75	23			
MED.	24,29.				
C.V.	38,55 %.				

El % de MS del lotus en el segundo corte, el efecto promedio del encalado y la fertilización fosfatada se puede apreciar en el cuadro No. 13 y 14 respectivamente.

En el análisis de varianza resultaron significativos el efecto de la cal, muy significativos el efecto del P y la interacción Cal\_P.(cuadro No.14)

Es así que en el cuadro No.13 se puede ver que el encalado en su dosis más baja produce una caída del Rend. Relat. superior al 50 %, para luego en las dosis superiores incrementarse hasta en más del 200 %. Sin duda estos resultados no son lógicos y no son explicables a partir de la bibliografía manejada. Por otro lado deberíamos señalar que el pequeño tamaño de las muestras manejadas podría incrementar el error, que probablemente sea el causante de P.

En relación al efecto promedio de la fertilización fosfatada sobre el % del Lotus en la MS, se aplican las mismas consideraciones que para el caso de la cal.

También se manifestó una importante interacción negativa Cal\_P en el % de MS del lotus. Esto seguramente esté evidenciando el efecto de la cal sobre el fósforo, ya que donde la dosis de cal fue menor hubo una mayor respuesta al agregado de fósforo.

En relación al análisis de regresión múltiple hay un efecto muy significativo del P y de la interacción Cal\_P; confirmando los resultados anteriores, que en gran parte son los que están definiendo la producción de MS al menos de la leguminosa que es la que hace su mayor aporte relativo en este caso. (anexo cuadro No.15)

Estos resultados son los que podrían en algún modo estar justificando la aplicación de cal; ya que ésta, tiene efectos importantes en el % de MS de la leguminosa determinado para este primer año. El incremento de leguminosa tendrá como consecuencia mayores aportes de MS a la producción animal; y de una calidad nutritiva, muy superior respecto al campo natural.

4.1.7. Efecto en la Producción de MS del Lotus en el Segundo Corte.

CUADRO No. 16 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE MS DEL LOTUS EN EL SEGUNDO CORTE.

CAL CN	DOSIS DE FOSFORO				Rend. Rel. med.
	0 KgMS/Há	Rend. Rel	80 kgMS/Há	Rend. Rel.	
0	70	100	910	100	490
500	32	46	1178	129	605
1000	148	211	500	55	324
1500	184	262	390	43	287
MED.	109		745		427

CUADRO No. 17 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE MS DEL LOTUS EN EL SEGUNDO CORTE.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	450565,75	2	0,894		
CAL	394682,16	3	0,522		
P	2426976,00	1	9,634	0,0078	**
CAL_P	851872,33	3	1,127	0,3717	
ERROR	3526528,25	14			
TOTAL	7650624,5	23			
MED.	426,7.				
C.V.	117 %.				

El efecto del encalado y la fertilización fosfatada sobre la producción de MS del lotus la podemos apreciar en el cuadro No. 16.

El análisis de varianza como lo podemos ver en el cuadro No. 17, tuvo significación solamente para el efecto del P. No

teniendo significación el efecto del encalado, ni de la interacción.

La fertilización fosfatada, que tuvo una significación media en el análisis de varianza en promedio septuplicó la producción de MS del lotus, en relación al efecto del encalado.

El análisis de regresión múltiple (anexo cuadro No.18) fue muy significativo para el efecto del fósforo al igual que para la interacción Cal\_P. Permitiendo estos resultados obtenidos afirmar que el efecto final producido, ha sido el resultado casi exclusivo del agregado de P, independientemente del encalado. Todo lo cual generó una mejor implantación y productividad de la leguminosa, que se expresó en una mayor producción de MS.

Es de destacar que el alto coeficiente de variación encontrado relativiza las posibles conclusiones.

#### 4.2. EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN COBERTURA SOBRE EL NIVEL DE NUTRIENTES EN EL SUELO.

##### 4.2.1. Efecto Sobre el Nivel de P.

##### 4.2.1.1. Para el Primer Muestreo.

CUADRO No. 19 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE P EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5; 2,5 a 7,5 y 7,5 a 15 cm. P205 (ppm)

	DOSIS DE FOSFORO					
	0			80		
	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15
CN	3,0	2,0	1,6			
0	3,3	2,0	1,6	11,3	2,0	1,6
500	3,3	1,6	1,6	13,3	2,6	2,0
1000	2,3	2,0	2,0	13,3	2,0	1,6
1500	3,0	1,6	1,0	13,0	1,6	2,0

CUADRO No. 20 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE P EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	4,75	2	0,62		
CAL	3,12	3	0,27		
P	570,375	1	149,95	0,0000	***
CAL_P	7,12	3	0,62		
ERROR	53,25	14			
TOTAL	636,625	23			
MED.	7,87.				
C.V.	24,77%.				

Los resultados del análisis de varianza en relación a la fertilización fosfatada dan un efecto muy significativo para el P medido en el suelo en la profundidad de 0 a 2,5 cm en el muestreo del 12/7/90. (anexo cuadro No. 20)

Para la misma fecha en la profundidad de 2,5 a 7,5 (anexo cuadro No. 21) existe un efecto significativo de la interacción Cal\_P que seguramente se deba a algún efecto de muestreo, ó

distribución del fertilizante; más que a los efectos de los tratamientos por sí mismos, si tenemos en cuenta la baja movilidad del P en el perfil del suelo y los niveles iniciales en todo el perfil.

4.2.1.2. Para el Tercer Muestreo.

CUADRO No. 23 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LOS NIVELES DE P EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5; 2,5 a 7,5 y 7,5 a 15 cm. P2O5 (ppm)

	DOSIS DE FOSFORO					
	0			80		
	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15
CN	3,0	1,0	1,0			
0	2,0	1,6	2,0	5,6	2,3	1,6
500	2,6	2,0	1,6	2,6	2,0	1,3
1000	2,3	2,3	1,3	4,6	1,3	1,3
1500	1,6	1,6	1,6	4,6	1,6	1,6

Los resultados del análisis de varianza para el tercer muestreo dan un efecto muy significativo para la fertilización fosfatada sólo en la profundidad de 0 a 2,5 cm; no existiendo significación estadística para ninguno de los tratamientos para las otras profundidades como se puede ver en los cuadros Nos. 24, 25 y 26 (anexo).

Por ser la fertilización fosfatada aplicada en cobertura, era de esperar que solamente en la parte más superficial del perfil se manifestaría su efecto (cuadros Nos. 19 y 23). Esto

desde el punto de vista productivo tiene como principal inconveniente que el fósforo disponible no va estar uniformemente distribuido en el perfil, lo cual obligará a una actividad altamente compensatoria de la porción de raíces más superficiales. Si bien lo anterior desde el punto de vista de la utilización del fósforo ofrecido podría no limitar los niveles de rendimiento, si lo podría hacer a través de otros factores, como por ejemplo la disponibilidad de agua.

Sumado a esto también se debería considerar la baja movilidad del P en el suelo y los mecanismos principales por los cuales éste es absorbido por las plantas.

En relación a la leguminosa incorporada, que sería la que básicamente tiene respuesta al fósforo; tiene una raíz del tipo pivotante con la mayor masa de pelos radicales en una profundidad superior a la que existiría ó estaría la mayor concentración de P en el suelo, de acuerdo al nivel inicial y al tipo de aplicación que se hizo.

Así éste sistema de enraizamiento y las características de movilidad del nutriente en el suelo, en períodos de sequía quedarían expuestos a una mayor probabilidad de deficiencia de P por la imposibilidad de poderlo absorber en este tipo de aplicaciones. Ya que su absorción es dependiente de la

humedad del suelo, aunque haya un adecuado enraizamiento en superficie promovido por la propia fertilización.

#### 4.2.2. Efecto en el pH del Suelo.

##### 4.2.2.1. Para el Primer Muestreo.

**CUADRO No.27 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.**

CAL	DOSIS DE FOSFORO					
	0		80		MEDIAS	
	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)
CN	5,5	4,4				
0	5,4	4,4	5,4	4,4	5,4	4,4
500	5,7	4,7	5,6	4,6	5,6	4,5
1000	5,7	4,8	5,7	4,7	5,7	4,7
1500	5,7	4,8	5,7	5,0	5,7	4,9
MED.	5,6	4,6	5,6	4,7	5,6	4,6

**CUADRO No.30 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.**

CAL	DOSIS DE FOSFORO					
	0		80		MEDIAS	
	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)
CN	5,4	4,2				
0	5,2	4,3	5,4	4,2	5,2	4,2
500	5,3	4,2	5,4	4,2	5,3	4,2
1000	5,3	4,2	5,3	4,2	5,3	4,1
1500	5,4	4,1	5,2	4,2	5,3	4,1
MED.	5,3	4,2	5,3	4,2	5,3	4,1

CUADRO No. 33 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA SOBRE EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12//7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.

CAL	DOSIS DE FOSFORO				MEDIAS	
	0	0	80	80	pH(H2O)	pH(KCL)
	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)
CN	5,2	4,1				
0	5,2	4,1	5,4	4,1	5,3	4,1
500	5,4	4,1	5,5	4,4	5,4	4,2
1000	5,3	4,1	5,4	4,1	5,3	4,1
1500	5,6	4,1	5,5	4,1	5,5	4,1
MED.	5,3	4,1	5,4	4,2	5,4	4,1

CUADRO No. 28 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm. (pH EN H2O)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,093	2	1,849	0,1938	
CAL	0,411	3	5,431	0,0109	**
P	0,000	1	0,165		
CAL_P	0,021	3	0,280		
ERROR	0,353	14			
TOTAL	0,880	23			
MED.	5,65.				
C.V.	3,81%.				

CUADRO No. 29 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm. (pH EN KCL)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,090	2	0,5642		
CAL	0,835	3	3,4878	0,0445	**
P	0,004	1	0,047		
CAL_P	0,061	3	0,2560		
ERROR	1,117	14			
TOTAL	2,106	23			
MED.	4,68.				
C.V.	6,02%.				

Los resultados para los análisis del primer muestreo 12/7/90 ( se pueden ver en los cuadros Nos. 27, 30 y 33) muestran el importante efecto del encalado en las modificaciones que se producen en el pH del suelo (en H2O y KCL) para la profundidad de 0 a 2,5 cm siendo los resultados del análisis de varianza significativos (cuadros Nos. 28 y 29). Para la profundidad de 2,5 a 7,5 cm no existieron efectos del encalado y tampoco fueron significativos los efectos de los otros tratamientos (cuadros Nos. 30, 31 y 32).

No ocurre lo mismo para la profundidad de 7,5 a 15 cm donde se puede ver un cambio en el pH (en H2O), en que el análisis de varianza para el encalado da significativo (cuadros Nos. 33, anexo 34 y 35 ). No teniendo explicación y seguramente se deba a errores experimentales ó de muestreos.

4.2.2.2. Para el Tercer Muestreo.

CUADRO No.36 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.

CAL	FOSFORO					
	0		80		MEDIAS	
	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)
CN	5,5	4,2				
0	5,4	4,3	5,8	4,5	5,6	4,4
500	5,6	4,4	5,6	4,5	5,6	4,4
1000	5,7	4,6	5,9	4,8	5,8	4,7
1500	6,0	4,9	5,7	4,7	5,8	4,8
MED.	5,7	4,5	5,7	4,6	5,7	4,6

**CUADRO No. 39 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA SOBRE EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm:**

CAL	DOSIS DE FOSFORO				MEDIAS	
	0	0	80	80		
	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)
CN	5,6	4,2				
0	5,3	4,2	5,4	4,2	5,3	4,1
500	5,4	4,2	5,4	4,2	5,4	4,1
1000	5,4	4,2	5,5	4,1	5,4	4,1
1500	5,5	4,2	5,3	4,2	5,4	4,2
MED.	5,4	4,1	5,3	4,1	5,4	4,1

**CUADRO No. 42 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA SOBRE EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm:**

CAL	DOSIS DE FOSFORO				MEDIAS	
	0	0	80	80		
	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)	pH(H2O)	pH(KCL)
CN	5,4	4,0				
0	5,4	4,1	5,4	4,2	5,4	4,1
500	5,2	4,1	5,5	4,2	5,3	4,1
1000	5,3	4,1	5,4	4,2	5,4	4,1
1500	5,3	4,1	5,6	4,4	5,4	4,2
MED.	5,3	4,1	5,5	4,2	5,4	4,1

En el muestreo realizado el 24/4/91 los valores casi no difieren de los realizados aproximadamente nueve meses atrás para las tres profundidades de muestreo analizadas (cuadros Nos. 36, 39 y 42 ). Siendo los cuadros correspondientes a sus análisis de varianza los Nos. 37, 38, 40, 41, 43 y 44 respectivamente. (anexo)

El encalado ha sido la práctica cultural que ha permitido

modificar el pH del suelo, buscando indirectamente así, aumentar la productividad. Por los efectos consecuentes, como modificar la relación de equilibrio entre nutrientes y formas químicas del suelo, se vuelve a veces fundamental para alcanzar los niveles de productividad deseados.

En el ensayo tal como fue realizado y tratando de cubrir los objetivos planteados, el efecto del encalado produjo un cambio en el pH del suelo fundamentalmente en la parte superior del perfil, sin haberse transferido a otras más profundas; seguramente por un muy corto período de evaluación, en relación a los trabajos y resultados obtenidos por otros autores. Tampoco se registraron mayores cambios en el resto del perfil, al menos durante el tiempo de evaluación.

Estos resultados del ensayo y los datos que se han manejado en la bibliografía, dan la pauta que el tiempo de evaluación fue muy corto si lo comparamos con trabajos que se evaluaron durante muchos años; donde sí se han obtenido efecto de los tratamientos tanto en el tiempo como en profundidad.

#### 4.2.3. Efecto en el Ca, Mg y K del suelo.

CUADOR No. 45 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA  
 PARA EL NIVEL DE Ca EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90  
 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5; 2,5 a 7,5 y 7,5 a 15 cm.

Ca (meq./100 gr)

	DOSIS DE FOSFORO					
	0			80		
	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15
CN	3,46	1,96	2,50			
0	3,16	2,76	2,10	4,06	2,16	2,50
500	3,86	2,13	2,50	5,36	2,93	3,26
1000	4,10	2,30	2,83	5,80	2,30	2,52
1500	5,06	2,40	2,46	4,60	3,36	3,03

CUADRO No. 46 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA  
 FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Ca DEL SUELO PARA EL MUESTREO  
 DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	6,656	2	3,541	0,057	**
CAL	6,645	3	2,356	0,11	
P	4,950	1	5,267	0,037	**
CAL_P	4,301	3	1,525	0,2515	
ERROR	13,158	14			
TOTAL	35,710	23			
MED.	4,5.				
C.V.	21,52%.				

CUADRO No. 47 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA  
 FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Ca DEL SUELO PARA EL MUESTREO  
 DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,776	2	2,427	0,124	
CAL	1,085	3	2,262	0,126	
P	0,510	1	3,193	0,095	*
CAL_P	2,391	3	4,98	0,0147	*
ERROR	2,238	14			
TOTAL	7,000	23			
MED.	2,54.				
C.V.	15,7 %.				

**CUADRO No. 48 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Ca DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.**

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	2,342	2	12,020	0,0009	***
CAL	1,123	3	3,842	0,0338	**
P	0,735	1	7,543	0,0158	**
CAL_P	1,035	3	3,540	0,0427	**
ERROR	1,364	14			
TOTAL	6,600	23			
MED.	2,65.				
C.V.	11,78%.				

Para el primer muestreo, el efecto del encalado no alcanzó a tener significación en el análisis de varianza para su efecto en el nivel de Ca en la parte más superficial. En cambio el efecto del fósforo fue significativo en el aumento que produjo en la misma profundidad. No siendo explicable este resultado. (Cuadros Nos. 45, 46, 47 y 48)

En los otros dos perfiles los resultados son similares en cuanto a que no dan tendencias claras o esperables.

**CUADRO No. 49 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE Ca EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5; 2,5 a 7,5 y 7,5 a 15 cm.**

Ca (meq./100 gr)

	FOSFORO					
	0			80		
	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15
CN						
0	3,16	2,26	2,70	4,03	2,40	2,70
500	3,86	2,16	2,43	3,90	2,80	2,63
1000	5,06	2,63	3,30	4,76	2,53	2,73
1500	5,46	2,53	2,63	4,46	2,46	2,96

CUADRO No. 50 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Ca DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	4,161	2	3,549	0,056	**
CAL	8,888	3	5,054	0,014	**
P	0,060	1	0,102		
CAL_P	2,703	3	1,537	0,2486	
ERROR	8,206	14			
TOTAL	24,018	23			
MED.	4,34.				
C.V.	17,63%.				

En el segundo muestreo hay un aumento en el nivel de Ca medido en la primera profundidad del perfil para el efecto de la cal que es significativo. En relación a las otras profundidades no hay mayores cambios. (Cuadros Nos. 49, 50, anexo 51 y 52)

#### 4.2.3.2. Efecto en el Mg.

Los efectos sobre el Mg no fueron importantes pudiéndose ver en los cuadros 53 al 60 (anexo). Lo que estaría evidenciando que los tratamientos no tuvieron incidencia sobre el comportamiento de este nutriente, dando además en la mayoría de los análisis de varianza muy significativo el efecto bloque.

#### 4.2.3.3. Efecto en el K.

CUADOR No. 61 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE K EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5; 2,5 a 7,5 y 7,5 a 15 cm.

	K(meq./100 gr)					
	DOSIS DE FOSFORO					
	0			80		
	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15
CN	0,32	0,18	0,22			
0	0,27	0,23	0,14	0,20	0,16	0,16
500	0,20	0,18	0,16	0,32	0,18	0,15
1000	0,32	0,18	0,15	0,17	0,19	0,17
1500	0,28	0,16	0,19	0,25	0,20	0,16

CUADRO No. 62 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,018	2	3,6999	0,0513	**
CAL	0,003	3	0,4866		
P	0,007	1	2,7937	0,1168	*
CAL_P	0,060	3	8,3486	0,0020	***
ERROR	0,033	14			
TOTAL	0,121	23			
MED.	0,256.				
C.V.	19,09%.				

En relación al efecto del encalado y la fertilización fosfatada sobre el nivel de K, solo se observó un efecto importante a nivel de la primera profundidad de muestreo, siendo significativo el efecto del fósforo y muy significativo el efecto de la interacción Cal\_P en determinar el nivel de K en el mismo. No siendo de mayor importancia en las otras profundidades del perfil, tanto para el primer o segundo muestreo. (Cuadros 61 y 63 a 68 en anexo)

4.3. EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN COBERTURA SOBRE EL NIVEL DE NUTRIENTES EN LA MS PRODUCIDA.

4.3.1.1. Efecto en el N Absorbido en la MS y en el % N en el Primer Corte.

CUADRO No. 69 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL N ABSORBIDO EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 20/10/90. (N Kg.N/Ha)

CAL CN	DOSIS DE FOSFORO				med
	0 N	Rend.Rel. 96	80 N	Rend.Rel. 113	
0	2,70	100	5,64	100	4,17
500	2,72	100	7,56	134	5,14
1000	3,98	147	6,45	114	5,21
1500	3,05	113	6,40	113	4,72
MED.	3,11		6,51		4,81

CUADRO No. 70 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL N ABSORBIDO EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 20/10/90.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	16,007	2	1,8002	0,2015	
CAL	3,345	3	0,2507		
P	73,150	1	16,4526	0,0012	**
CAL_P	4,198	3	0,3147		
ERROR	62,246	14			
TOTAL	158,946	23			
MED.	4,787.				
C.V.	44,04%				

**CUADRO No. 71 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL %N EN LA PLANTA PARA EL CORTE DEL 20/10/90. (N en %)**

CAL CN	%N	DOSIS DE FOSFORO		med
		0 Rend. Rel.	80 Rend. Rel.	
0	0,83	100	0,87	0,85
500	0,81	97	1,01	0,91
1000	0,91	109	1,14	1,03
1500	0,74	89	1,02	0,88
MED.	0,82		1,01	0,91

**CUADRO No. 72 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL %N EN LA PLANTA PARA EL CORTE DEL 20/10/90.**

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,028	2	0,3720		
CAL	0,109	3	0,9686		
P	0,212	1	5,6538	0,0322	**
CAL_P	0,053	3	0,4661		
ERROR	0,526	14			
TOTAL	0,928	23			
MED.	0,919.				
C.V.	21,08%.				

El efecto del encalado y la fertilización fosfatada sobre la cantidad de N absorbido (kgN./Ha), y en el % de N promedio de la materia seca lo podemos ver en los cuadros 69 al 72. No siendo significativo el análisis de varianza para el efecto del encalado en ninguno de los de los dos cortes, tanto en el %N, como en el N absorbido en la MS.

En relación al efecto de la fertilización fosfatada ésta fue todo lo contrario respecto al encalado, teniendo una alta

significación tanto en el % N en la materia seca, como en el N absorbido. En relación a la cantidad de N absorbida en la MS para el primer corte ésta duplicó el efecto del encalado como lo podemos ver (cuadros Nos. 69 y 70). En relación al %N también fue significativamente superior (cuadros Nos. 71 y 72).

4.3.1.2. Efecto en el N Absorbido en la MS y en el % N en el Segundo Corte.

CUADRO No.73 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL N ABSORBIDO EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 17/12/90.

CAL	DOSIS DE FOSFORO				med
	0	80			
CN	N	Rend.Rel.	N	Rend.Rel.	
	3,6	96			
0	4,2	100	19,6	100	11,9
500	4,0	95	22,1	112	13,0
1000	6,1	145	12,7	65	9,5
1500	7,0	165	10,6	54	8,8
MED.	5,4		16,2		10,8

CUADRO No.74 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL N ABSORBIDO EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 17/12/90.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	228,903	2	2,7172	0,1007	
CAL	71,995	3	0,5697		
P	713,960	1	16,9499	0,0010	***
CAL_P	210,621	3	1,6668	0,2195	
ERROR	589,698	14			
TOTAL	1815,166	23			
MED.	10,813.				
C.V.	60,02%.				

CUADRO No.75 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL %N EN LA PLANTA PARA EL CORTE DEL 17/12/90.  
DOSIS DE FOSFORO

CAL CN	%N	0		80		med
		Rend.	Rel.	Rend.	Rel.	
0	0,45	100	0,77	100	0,61	
500	0,48	106	0,91	118	0,70	
1000	0,62	138	0,78	100	0,70	
1500	0,58	129	0,59	75	0,58	
MED.	0,53		0,76		0,65	

CUADRO No.76 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL %N EN LA PLANTA PARA EL CORTE DEL 17/12/90.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,024	2	0,4144		
CAL	0,063	3	0,7246		
P	0,321	1	11,1270	0,0049	**
CAL_P	0,160	3	1,8449	0,1854	
ERROR	0,404	14			
TOTAL	0,973	23			
MED.	0,650.				
C.V.	26,14%.				

En el segundo corte donde hubo una producción muy buena de MS, el efecto promedio de la fertilización fosfatada triplicó la cantidad de N absorbido en relación al encalado; dando un efecto muy significativo para su análisis de varianza (cuadros Nos. 73 y 74). En relación al efecto del encalado sobre la cantidad de N absorbido en la M.S. no tuvo efecto significativo, al igual que la interacción CALxP.

En el % de N la fertilización fosfatada tuvo un efecto

significativo en su análisis de varianza produciendo un incremento sobre el promedio de los tratamientos encalados del 40 % (cuadros Nos. 75 y 76). En relación al efecto del encalado y la interacción CAL x P en el análisis de varianza no mostró efecto significativo.

#### 4.3.2. Efecto en el P.

4.3.2.1. Efecto en el P Absorbido y %P en la MS en el Prime Corte.

CUADRO No.77 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL P ABSORBIDO EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 20/10/90. (Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha)

CAL	P	DOSIS DE FOSFORO				
		0	80			
		Rend.	Rel.	P	Rend.	Rel. med.
CN	0,7					
0	0,5	100		1,7	100	1,1
500	0,7	121		1,8	105	1,2
1000	0,7	128		1,8	105	1,2
1500	0,4	82		1,2	68	0,8
MED.	0,6			1,6		1,1

CUADRO No.78 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL P ABSORBIDO EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 20/10/90.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	1,417	2	2,5324	0,1152	
CAL	0,745	3	0,8871		
P	6,192	1	22,1317	0,0003	***
CAL_P	0,215	3	0,2560		
ERROR	3,917	14			
TOTAL	12,484	23			
MED.	1,101.				
C.V.	48,03%.				

**CUADRO No.79 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL %P EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 20/10/90. (P en %P)**

CAL CN	%P	FOSFORO		med.
		0 Rend.Rel.	80 Rend.Rel.	
0	0,16	100	0,24	0,20
500	0,19	118	0,24	0,20
1000	0,17	106	0,32	0,21
1500	0,11	69	0,20	0,15
MED.	0,16		0,25	0,20

**CUADRO No.80 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL %P EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 20/10/90.**

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,002	2	0,2702		
CAL	0,023	3	1,8865	0,1783	
P	0,050	1	12,3872	0,0034	***
CAL_P	0,008	3	0,6455		
ERROR	0,057	14			
TOTAL	0,140	23			
MED.	0,208.				
C.V.	30,65%.				

El efecto del encalado y la fertilización fosfatada sobre cantidad de P absorbido (Kg P/Ha) en la materia seca como vimos (cuadros 77 y 78), muestran en su análisis de varianza, que sólo el efecto del P fué muy significativo tanto para la cantidad de P absorbido como para el % de P en la materia seca. En cambio el encalado y la interacción CAL x P no tuvieron efecto significativo, ni en la cantidad de P, ni en el % de P.

4.3.2.2. Efecto en el P Absorbido y % de P en la MS Para el Segundo Corte.

CUADRO No. 81 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL P ABSORBIDO EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 17/12/90. (Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha)

CAL	DOSIS DE FOSFORO				
	0		80		
CN	P	Rend.Rel.	P	Rend.Rel.	med.
0	1,02	114	3,17	100	2,0
500	0,89	100	2,97	94	2,0
1000	1,01	114	2,01	63	1,8
1500	1,76	197	2,01	68	2,0
MED.	1,91	214	2,58		1,9

CUADRO No. 82 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL P ABSORBIDO EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 17/12/90.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	2,926	2	1,0023	0,3919	
CAL	0,089	3	0,0203		
P	8,509	1	5,8296	0,0300	***
CAL_P	5,318	3	1,2146	0,3409	
ERROR	20,433	14			
TOTAL	37,275	23			
MED.	1,989.				
C.V.	60,75%.				

CUADRO No. 83 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL %P EN LA PLANTA PARA EL CORTE DEL 17/12/90.

CAL	DOSIS DE FOSFORO				
	0		80		
CN	P	Rend.Rel.	P	Rend.Rel.	med.
0	0,09	100	0,12	100	0,10
500	0,11	122	0,13	108	0,12
1000	0,16	177	0,13	108	0,14
1500	0,16	177	0,12	100	0,14
MED.	0,13		0,13		0,13

CUADRO No.84 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL %P EN LA PLANTA PARA EL CORTE DEL 17/12/90.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,006	2	1,0379	0,3799	
CAL	0,007	3	0,8338		
P	0,000	1	0,0181		
CAL_P	0,006	3	0,6808		
ERROR	0,039	14			
TOTAL	0,057	23			
MED.	0,131.				
C.V.	40,00%.				

En el segundo muestreo (17/12/90) podemos ver que el efecto de la fertilización fosfatada es muy significativo en su análisis de varianza para la cantidad de P absorbido en la materia seca, pero no tiene significación para el % de P en la planta. El análisis de varianza tampoco fue significativo para el efecto del encalado, ni de la interacción CAL x P; tanto para la cantidad de P absorbido como para el % de P en la materia seca (cuadros 81 al 84). Esto resultados estarían diciendo que la fertilización fosfatada fue capaz de aumentar la producción de MS y consecuentemente aumentar la cantidad de P absorbido en la MS, pero no el % de P en la misma.

4.3.3. Efecto en el K.

CUADRO No. 85 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K ABSORBIDO EN LA PLANTA PARA EL CORTE DEL 20/10/90.  
K. (Kgk/Ha)

CAL	DOSIS DE FOSFORO				
	0	Rend.Rel.		80	med
	K		K	Rend.Rel.	
CN	4,58	106			
0	4,29	100	9,30	100	4,7
500	4,50	104	10,60	114	7,6
1000	6,06	141	8,74	94	7,4
1500	5,02	117	8,41	90	6,7
MED.	4,96		9,26		7,1

CUADRO No. 87 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K ABSORBIDO EN LA PLANTA PARA EL CORTE DEL 17/12/90.

K (KgK/Ha)

CAL	DOSIS DE FOSFORO				
	0	Rend.Rel.		80	med
	K		K	Rend.Rel.	
CN	10,40	294			
0	3,53	100	8,40	100	6,0
500	3,80	107	8,90	105	6,4
1000	5,17	146	7,65	91	6,4
1500	5,57	157	7,10	84	6,3
MED.	4,51		8,01		6,5

CUADRO No. 86 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K ABSORBIDO EN LA PLANTA PARA EL CORTE DEL 20/10/90.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	20,137	2	1,3975	0,2797	
CAL	2,641	3	0,1222		
P	119,796	1	16,6270	0,0011	***
CAL_P	7,990	3	0,3697		
ERROR	100,869	14			
TOTAL	251,433	23			
MED.	7,022.				
C.V.	38,23%.				

CUADRO No.88 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K ABSORBIDO EN LA MATERIA SECA FOLIAR PARA EL CORTE DEL 17/12/90.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	31,181	2	2,2819	0,1387	
CAL	0,557	3	0,0272		
P	74,131	1	10,8504	0,0053	***
CAL_P	13,090	3	0,6387		
ERROR	95,650	14			
TOTAL	214,609	23			
MED.	6,222.				
C.V.	42,01%.				

El efecto del encalado y la fertilización fosfatada sobre el K absorbido en la materia seca (Kg/Ha), lo podemos apreciar en los cuadros 85 al 88. Así podemos ver que el efecto de la fertilización fosfatada en el análisis de varianza es muy significativo en determinar la cantidad de K absorbido como el % de K en la materia seca. El efecto del encalado y de la interacción CAL x P en los análisis de varianza correspondientes a los cuadros 86 y 88 no tuvieron significación en determinar su efecto sobre el K absorbido y el % de K en la materia seca.

## 5. RESUMEN

El ensayo de encalado en cobertura y fertilización fosfatada se instaló sobre un suelo desarrollado sobre el cristalino superficial, perteneciente a la formación Sierras de Polanco y clasificado como un Brunosol Subéutrico Háptico de textura Ar/Fr/Gr. Se utilizaron 4 niveles de encalado combinados con 2 de fósforo. El diseño experimental utilizado fue de parcelas en bloques al azar, con tres repeticiones. El encalado aplicado en cobertura en los niveles y tipo de suelo donde se utilizó, no tuvo efecto en aumentar la producción de M.S. total, la producción de MS del primer, segundo y tercer corte, mejorar el establecimiento de la leguminosa, como su producción de MS en el segundo corte, pero sí tuvo efecto aumentando el % del lotus en la MS en este corte. El encalado no tuvo efecto en modificar los niveles de P en el suelo, pero sí en corregir el pH para la profundidad de 0 a 2,5 cm, como también en determinar los niveles de Ca, Mg y K a nivel superficial (0 a 2,5 cm). No se observó efecto significativo del encalado en los niveles internos de la planta para N, P y K. La fertilización fosfatada con los niveles utilizados y a partir de los bajos niveles de P en éste tipo de suelos, tuvo un efecto muy importante en aumentar la producción de MS total, la del 1er. y 2do. corte, no siendo así en el 3er. corte y en el establecimiento de la leguminosa. También muy importante fue

el efecto que ésta tuvo en aumentar la producción de MS y el % del lotus en la MS en el 2do. corte. También tuvo un efecto muy importante en determinar los niveles de P medidos en el suelo en la profundidad de 0 a 2,5 cm, no registrándose el mismo efecto para las otras profundidades. En cuanto a determinar los niveles de nutrientes en la MS ésta, fué muy importante determinando el N, P y K absorbido.

## 6. CONCLUSIONES

El encalado en el primer año de instalación de la cobertura de lotus no fue capaz de mejorar la producción de MS , el establecimiento de la leguminosa, ni aún aumentar los niveles de nutrientes (N, P y K) en la materia seca producida, mejorando solamente el % del lotus en la MS. El encalado aumentó los valores de pH del suelo para la profundidad de 0 a 2,5 cm en 0,2 unidades para el primer muestreo y en 0,5 unidades para el segundo muestreo, para la máxima dosis utilizada (1500 Kg/Há). La fertilización fosfatada aumentó la producción de materia seca, mejorando el establecimiento de la leguminosa y la calidad del forraje. Fundamentalmente por el aumento que tuvo en la producción, en el % de la MS del lotus y en los niveles de nutrientes en la materia seca que produjo. Si bien estos resultados no estarían confirmando la utilización del encalado en éstas condiciones, tenemos que tener en cuenta que los C.V. fueron muy altos para este primer año de evaluación. Y que posiblemente en los años siguientes estos resultados puedan ser diferentes y confirmar la utilización del encalado, como ocurrió en algunos trabajos de otros autores consultados.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, F. and PEARSON, R.W. Crop responses to lime; crop responses to lime in the Southern State and Puerto Rico. In \_\_\_\_\_, and \_\_\_\_\_ eds. Soil Acidity and Liming. Madison Wis, ASA, 1967. pp.161 206.
- ADAMS, L. Lime inoculation and seed coating in the establishment of oversown pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research 13(29 :243 262. 1970.
- ANDERSON, A.J. Molibdenum deficiencies in legumes in Australia. Soil Science 81(39 :173 182. 1956.
- ANDREW, C.S. The effect of phosphorus, potassium and calcium on growth and chemical composition and symptoms of deficiency of white clover in a subtropical environment. Australian Journal of Agricultural Research 11(2) :149 160. 1960.
- \_\_\_\_\_. and HEGARTY, M.P. Comparative responses of eight tropical and four temperate pasture legume species. Australian Journal of Agriculture research 20(4) 687 696. 1969.
- \_\_\_\_\_. and VANDEN BERG, P.J. The influence of aluminium on

phosphate sorption by whole plants and existing roots of some pasture legumes. Australian Journal of Agricultural Research 24(3) : 341-351. 1973.

BLACK, C.A. Relaciones suelo planta. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 197. 2v.

BROMFIELD, S.M., CUMMING, R.W., DAVID, D.J. and WILLIAMS, C.H. Long-term effects of incorporated lime and topdressed on the pH in the surface and subsurface of pasture soils. Australian Journal Exp. Agric. 27 :533-538. 1987.

BROWN, B.A., MUNSELL, R.I., HOLT, R.F. and KING, A.V. Soil reactions at various depths as influenced by time since application and amounts of limestone. Soil Science America proceeding 20 : 518-522. 1956.

BURTON, V.C. Nodulation and symbiotic nitrogen fixation. In Hansen, C.H., ed. Alfalfa science and technology. Madison, Wis., ASA, 1972. pp.229-246.

CHO, C.M. and CADWELL, A.C. Forms of phosphorus and fixation in soils. Soil Science of America proceedings 23(6):

458 460. 1959.

CHRISTENSEN, P.D., TOTH, S.J. and BEAR, F.E. The status of soil manganese as influenced by moisture, organic matter and pH. Soil Science of America proceedings 15: 279 282. 1950.

COLEMAN, N.T., KAMPRATH, E.J. and WEED, S.B. Liming. Advances in Agronomy 10 : 474 527. 1958.

\_\_\_\_\_. and THOMAS, G.W. The basic chemistry of soil acidity. In Pearson, R.W. and Adams, F., eds. Soil Acidity and Liming. Madison, Wis., ASA. 1967. pp1 41.

DOBEREINER, J. E MANHAES SOUTO, S. Toxicidade de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesquisa Agropecuária Brasileira 4: 129 137. 1969.

EVANS, C.E. and KAMPRATH, E.J. Lime responses as related to present aluminium saturation, solution aluminium, and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings 34(6): 893 896. 1970.

FOY, C.D., ARMIGER, W.H., BRIGGLE, L.W. and REID, D.A.

Diferential aluminium tolerance of wheat and Barley varieties in acid soils. Agronomy Journal 57(5) :413 417. 1965.

HELYAR, K.R. and ANDERSON, A.J. Effects of lime on the growth of five species on aluminium toxicity and phosphorus availability. Australian Journal of Agricultural Research 22(5) :707 722. 1971.

HESLEP, J.M. A study of the infertility of two acid soils. Soil Science 72(1) :76 80. 1951.

HOURIGAN, W.B. et al: GRTH and Ca uptake by plant as affected by rates and depht of liming. Soil Science Society of America Proceedings 25(6) :491 194.1961.

HOYT, P.B. and DROUGHT, B.G. Techniques for speeding the movement of lime into an orchard soil. Canadian Journal Soil Science 70 149-156 1990

HSU, P.H. and RICH, C.I. Aluminium fixation in a synthetic cation exchanger. Soil Science Society of America Proceeding 24(1) : 21 25. 1960.

HUTCHINSON, F.E. and HUNTER, A.S. Exchangeable aluminium levels in two soils as related to lime treatment and growth of six crops species. Agronomy journal 62(6) 702 704. 1970.

JACKSON, W.A. et al. Crop response to lime in the Western United States. In Pearson, R.W. and Adams, F. EDs. Soil Acidity and Liming. Madison, Wis, ASA, 1967. pp.261 269.

\_\_\_\_\_. Physiological effects of soil acidity. In Pearson, R.W. and Adams, F. eds. Soil Acidity and Liming. Madison, Wis ASA, 1967.

JAUREGUI, M.R. Y MENENDEZ, M.R. Efecto del encalado y la fertilización fosfatada en trébol blanco cultivado en suelos fuertemente ácidos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1982. 272p.

JOHNSON, R.E. and JARCKSON, W.A. Calcium uptake and transport by wheat seedlings as affeted by aluminium Soil Science Society of America Proceedings 28(3): 381 386. 1964.

KAMPATH, E.J. Acidez del suelo y respuesta al encalado. International Soil Testing. Boletin técnico No.4. Octubre, 1967.

\_\_\_\_\_. Exchangeable aluminium as criterion for liming leached mineral soils. Soil Science Society of America Proceeding 34(2): 364 1970 b.

KAMPRATH, E.J. and FOY, D.C. Lime fertilizer plant interactions in acid soils. In eds. Committe: Olson, R.A., Army, T.J. and use.2ed. Madison, Wiss, ASA. p105 152. 1971.

KEHOL, J.K. and CURNOW, B. Root growth of subterranean clover on some acid sandy soil in Victoria. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 3(8) 11 18. 1963.

KLIEWER, M.W. AND KENNEDY, W.K. Studies on response of legumes to molybdenum lime fertilization on mardin silt loam soil. Soil Science of America Proceedings 42(5) :377 380. 1960.

LIN, C. and COLEMAN, N.T. The measurement of exchangeable aluminium in soil and clays. Soil Science Society of America proceedings 24(6) :444 446. 1960.

LINDSAY, W.L. and MORENO, E.C. Phosphate phase equilibria in soils. Soil Science Society of America Proceedings

24(39):177-182. 1960.

\_\_\_\_\_. and STEPHENSON, H.F. Nature of the reactions of monocalcium phosphate monohydrate in soil:II. Disolution and precipitation reactions involving, iron, aluminium, manganese, and calcium. Soil Science Society of America proceedings 23(1):18-22. 1959.

MAC CORMICK, L.H. and BORDEN, F.V. Phosphate fixation by aluminium in plants roots. Soil Science Society of America Proceedings 36(5):799-803. 1972.

MALLARINO, A.P., ZAMALVIDE, J.P. y CASANOVA, O.N. Encalado y fertilización fosfatada en alfalfa. In Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía 1a., Montevideo 1978. Trabajos presentados. Montevideo, 1978. v.2. pp83-103.

MORRIS, H.D. and PIERRE, W.H. Minimum concentration of Mn necessary for injury to various legumes in culture soils. Agronomy Journal 41(3): 107-112. 1949.

MULDER, E.G. and GERRETSEN, F.C. Soil manganese in relation plant growth. Advances in Agronomy 4:222-277. 1952.

MUNNS, D.N. Soil acidity and growth of legume. I. Interactions of lime with nitrogen and phosphate on growth of *Medicago Sativa* L. Australian Journal of Agricultural Research 16(5) :743 745. 1965b.

\_\_\_\_\_. Soil acidity on growth of legume. II. Relations of aluminium and phosphate in solution and effects of aluminium, phosphate, calcium and pH on *Medicago Sativa* L. and *Trifolium subterraneum* in solution culture. Australian Journal of Agricultural Research 16(5): 743 745. 1965 b.

\_\_\_\_\_. Soil acidity and growth of legume. III. Interactions of lime and phosphate on growth of *Medicago Sativa* L. in relation to aluminium toxicity and phosphate fixation. Australian Journal of Agriculture Research 16(5) :757 766.

\_\_\_\_\_. Nodulation of *Medicago Sativa* L. in solution culture I. Acid sensitive steps. Plant and Soil 28(1):129 146. 1968 c.

\_\_\_\_\_. and FOX; N.T. and RAGLAND, J.L. Ion exchangeable equilibria involving aluminium. Soil Science Society

of America Proceedings 25(1) :14 17. 1961.

NOVAIS, R. and KAMPRATH, E.J. Phosphorus sipping capacities of previously heavily fertilized Soil Science Society of America Proceedings 42(6) :931 935. 1978.

PARKER, M.B. and HARRIS, H.B. Soybean response to molybdenum and lime and the relationship between yield and chemical composition. Agronomy Journal of Plant Science 38(2) :206 214.1958.

QUELLETTE, G.J. and DESSUREAUX, L. Chemical composition of alfalfa as related to degree of tolerance to manganese and aluminium Canadian Journal of Plant Science 38(29) : 206 214. 1958.

PALAZZO, A.J. and DUELL, R.W. Responses of grasses and legume to soil pH. Agronomy Journal 66(59) :678 682. 1974.

PEARSON, R.W. liming and fertilizer efficiency. Agronomy Journal 50(7) :356 362. 1958.

POWELL JUNIOR, A.J. and HUTCHINSON JUNIORS, T.B. Effects of lime and potassium additions on soil potassium

reactions and plant response. Soil Science Society of America Proceedings 29(1) :76 78. 1965.

RAGLAND, J.L. and COLEMAN, N.P. The effect of soil solution aluminium and calcium on root growth. Soil Science Society of America Proceedings 23(5) :355 357. 1959.

RAINS, D.W. SCHMID, W.E. and EPSTEIN, E Absorption of by roots; effects of hydrogen ion and essential role of calcium plant physiology 39(2) .274 278. 1964.

RECHCIGL, J.E., EDMISTN, K.L., WOLF, D.D. and RENEAU, R.B. Response of alfalfa grown on acid soil to different chemical amendments. Agronomy Journal v.80(3):515 518. 1988.

RIED, R.L., POST, A.J. and JUNG, G.A. Mineral composition of forages. West Virginia. Agricultural Experiment Station. Bull. 589 t. 1970. 35pp.

RIOS, M.A. and PEARSON, R.W. The effect of some chemical enviromental factors on cotton root; behavior. Soil Science Society of America Proceedings 28 (2) 232 235. 1964.

- ROBERTSON, W.K., NELLER, J.R. and BARLETT, F.D. Effect of lime on the availability of phosphorus in soil of high to low sesquioxide contents. Soil Science Society of America proceedings 18(29) 184 187. 1954.
- ROLT, W.F. Some effects of lime and molybdenum on the growth of white clover in Antia Clay. New Zealand Journal of Agricultural Research 11(1) :193 205. 1968.
- SANCHEZ, C and KAMPATH, E.J. Effect of liming and organic matter content on the availability of native and applied manganese. Soil Science of America Proceedings 24(4) .302 304. 1959.
- SCHMEHL, W.R., PEECH, M. and BRADFIELD, R. Causes of poor growth of plants on acid soil and beneficial effects of liming. I. Evaluation of factors responsible for acid soil injury. Soil Science 70(5) :393 398. 1950.
- TRUONG, N.V., WILSON, G.N. and NADREW, C.S. Manganese toxicity I. Effect of calcium and phosphorus levels in the substrate. Plant and Soil 34(2) :309326. 1971.
- WIDOWSON, J.P. and WALKER, T.W. Effects of lime and molybdenum on the yield and chemical composition of

white clover in a sequence of. New Zealand Journal of  
Agriculture and Animal Husbandry 13 : 567 574. 1973

YORK, E.T., BRADFIELD, R. and PEECH, M. Influence of lime and  
potassium on yield and cation composition of plants.  
Soil Science 77(1) :53 62. 1954.

ZAMALVIDE, J.P. Efecto del encalado sobre la disponibilidad  
de fósforo del suelo y la eficiencia del  
fertilizante fosfatado en un suelo de basalto. Tesis  
Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.  
1970 90p.

**B. ANEXO**

CUADRO No.8 REGRESION MULTIPLE PLANTEADA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE M.S. EN EL SEGUNDO CORTE.

Varie	Coficiente Regresión	Error Standard	Valor T de Student	Probabilidad
P	1.6503e+001	4.4053e+000	3,746	0,001
CAL_P	5.4800e+000	4.0426e+000	1,356	0,188
Intercepcion		=995.083333		
Coefic. de Determinacion		=0,446		
Ajuste de R cuadrat.		=0,393		
Regres.Multiple		=0,667		
Error Estandar		=626.270		

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	F	Signif.
Regresion	6618171.641667	2	1554654.69583	7.32	0.002
Error	8236494.316667	21	212420.29683		
Total	14854665.958333	23			

CUADRO No.15 REGRESION MULTIPLE PLANTEADA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL % DE MS DEL LOTUS EN EL SEGUNDO CORTE.

Variable	Coficiente Regresión	Error Standard	Valor T de Student	Probabilidad
P	5.9792e+001	6.2624e+002	9,548	0,000
CAL_P	3.2083e+001	5.7468e+002	5,583	0,000
Intercepcion		10.000000		
Coefic. de Determinacion		=0,816		
Ajuste de R cuadrat.		=0,798		
Regres.Multiple		=0,903		
Error Estandar		=8.903		

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	F	Signif.
Regresion	7372.458333	2	3686.22917	46.51	0.000
Error	1664.500000	21	79.26190		
Total	9036.958333	23			

CUADRO No.18 REGRESION MULTIPLE PLANTEADA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN LA PRODUCCION DE M.S. DEL LOTUS EN EL SEGUNDO CORTE.

Variable	Coefficiente Regresion	Error Standard	Valor T de Student	Probabilidad
P	1.2034e+001	3.2420e+000	3,712	0,001
CAL_P	5.5992e+000	2.9750e+000	1,882	0,073

Intercepcion =118.000000  
 Coefic. de Determinacion =0,411  
 Ajuste de R cuadrat. =0,355  
 Regres.Multiple =0,641  
 Error Estandar =460.891

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	F	Signif.
Regresion	3109309.391667	2	1554654.69583	7.32	0.004
Error	4460826.233333	21	212420.29683		
Total	7570135.625000	23			

CUADOR No.21 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE P EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 2,5 a 7,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,583	2	1,96	0,17	
CAL	0,792	3	1,77	0,19	
P	0,375	1	2,52	0,13	
CAL_P	1,125	3	2,52	0,1002 *	
ERROR	2,083	14			
TOTAL	4,958	23			
MED.	1,95.				
C.V.	19,7%.				

CUADOR No.22 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE P EN EL SUELO PARA EL MUETREO DEL 12/7/90 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 7,5 a 15 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	1,083	2	1,000		
CAL	0,792	3	0,4872		
P	0,375	1	0,6923		
CAL_P	1,125	3	0,6923		
ERROR	7,583	14			
TOTAL	10,958	23			
MED.	1,7.				
C.V.	43,08%.				

CUADOR No.24 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE P EN EL SUELO PARA EL MUETREO DEL 24/4/91 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	12,33	2	2,67	0,1042	
CAL	1,83	3	0,26		
P	37,5	1	16,23	0,0012	***
CAL_P	5,83	3	0,84		
ERROR	32,33	14			
TOTAL	89,83	23			
MED.	3,41.				
C.V.	44,48%.				

CUADRO No.25 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE P EN EL SUELO PARA EL MUETREO DEL 24/4/91 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 2,5 a 7,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,25	2	0,1795		
CAL	0,498	3	0,2194		
P	0,042	1	0,0598		
CAL_P	2,125	3	1,0171	0,4146	
ERROR	9,75	14			
TOTAL	12,625	23			
MED.	1,85.				
C.V.	44,51%.				

CUADRO No.26 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE P EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 7,5 a 15 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,583	2	0,4050		
CAL	0,833	3	0,3857		
P	0,167	1	0,2341		
CAL_P	1,167	3	0,0771		
ERROR	10,083	14			
TOTAL	11,833	23			
MED.	1,58.				
C.V.	53,60%.				

CUADRO No.31 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.(pH EN H2O)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,163	2	2,658	0,105	*
CAL	0,005	3	0,049		
P	0,004	1	0,122		
CAL_P	0,068	3	0,737		
ERROR	0,430	14			
TOTAL	0,670	23			
MED.	5,30.				
C.V.	3,30%.				

CUADRO No.32 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.(pH EN KCL)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,001	2	0,0631		
CAL	0,025	3	1,240	0,3324	
P	0,000	1	0,0631		
CAL_P	0,031	3	1,576	0,2394	
ERROR	0,093	14			
TOTAL	0,15	23			
MED.	4,18.				
C.V.	1,94%.				

CUADRO No.34 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.(pH EN H2O)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,023	2	0,3984		
CAL	0,075	3	2,518	0,1003	*
P	0,042	1	1,721	0,2106	
CAL_P	0,025	3	1,190	0,3496	
ERROR	0,271	14			
TOTAL	0,498	23			
MED.	5,43.				
C.V.	3,15%.				

CUADRO No.35 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.(pH EN KCL)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,016	2	0,4092		
CAL	0,075	3	0,4092	0,3158	
P	0,042	1	1,2923	0,1643	
CAL_P	0,025	3	1,6369	0,2259	
ERROR	0,271	14			
TOTAL	0,498	23			
MED.	4,15.				
C.V.	3,34%.				

CUADRO No.37 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.(pH EN H2O)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,443	2	3,83	0,0471	**
CAL	0,355	3	2,04	0,1541	
P	0,010	1	0,18		
CAL_P	0,481	3	2,77	0,0804	**
ERROR	0,810	14			
TOTAL	2,100	23			
MED.	5,74.				
C.V.	4,19%.				

**CUADRO No.38 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.(pH EN KCL)**

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,436	2	3,32	0,065	**
CAL	0,697	3	3,54	0,042	**
P	0,027	1	0,406		
CAL_P	0,237	3	1,203	0,344	
ERROR	0,918	14			
TOTAL	2,31	23			
MED.	4,61.				
C.V.	5,5 %.				

**CUADRO No.40 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.(pH EN H2O)**

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,016	2	0,3566		
CAL	0,015	3	0,2252		
P	0,007	1	0,3003		
CAL_P	0,130	3	1,9517	0,1677	
ERROR	0,311	14			
TOTAL	0,478	23			
MED.	5,39.				
C.V.	2,76%.				

**CUADRO No.41 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.(pH EN KCL)**

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,026	2	2,2371	0,1435	
CAL	0,008	3	0,4570		
P	0,000	1	0,0722		
CAL_P	0,005	3	0,2646		
ERROR	0,081	14			
TOTAL	0,120	23			
MED.	5,41.				
C.V.	1,82%.				

CUADRO No.43 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.(pH EN H2O)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,026	2	1,0000	0,3972	
CAL	0,057	3	0,5738		
P	0,135	1	4,1073	0,0624	*
CAL_P	0,135	3	1,3671	0,2935	
ERROR	0,461	14			
TOTAL	0,853	23			
MED.	4,17.				
C.V.	1,82%.				

CUADRO No.44 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL pH DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.(pH EN KCL)

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,006	2	0,1388		
CAL	0,028	3	0,4495		
P	0,082	1	3,8875	0,068	*
CAL_P	0,068	3	1,0840	0,38	
ERROR	0,294	14			
TOTAL	0,478	23			
MED.	4,19.				
C.V.	3,46%.				

CUADRO No.51 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Ca DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	2,047	2	6,6585	0,0093	***
CAL	0,195	3	0,4228		
P	0,135	1	0,8780		
CAL_P	0,515	3	1,1165	0,3757	
ERROR	2,153	14			
TOTAL	5,045	23			
MED.	2,47.				
C.V.	15,84%.				

CUADRO No.52 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Ca DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Si.
BLOQUES	2,192	2	8,247	0,0043	***
CAL	0,735	3	1,842	0,1858	
P	0,000	1	0,0032		
CAL_P	0,708	3	1,775	0,1980	
ERROR	1,861	14			
TOTAL	5,496	23			
MED.	2,76.				
C.V.	13,20%.				

CUADRO No.53 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE Mg EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5; 2,5 a 7,5 y 7,5 a 15 cm.

	FOSFORO					
	0			80		
	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15
CN	1,30	1,36	1,73			
0	1,40	1,36	1,20	1,80	1,43	1,50
500	1,33	1,43	1,83	1,80	1,42	1,78
1000	1,53	1,36	2,03	2,03	1,60	1,86
1500	1,70	1,44	1,50	1,50	1,96	1,36

CUADRO No.54 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Mg DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	1,106	2	3,022	0,0811	**
CAL	0,183	3	0,3341		
P	0,540	1	2,952	0,1078	*
CAL_P	0,443	3	0,807		
ERROR	2,561	14			
TOTAL	4,833	23			
MED.	1,63.				
C.V.	26,18%.				

CUADRO No.55 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Mg DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,813	2	3,864	0,0461	**
CAL	0,651	3	2,062	0,151	
P	0,120	1	1,144	0,3029	
CAL_P	0,141	3	0,447		
ERROR	1,473	14			
TOTAL	3,200	23			
MED.	1,52.				
C.V.	21,37%.				

CUADRO No.56 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Mg DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	2,567	2	8,644	0,0036	***
CAL	1,043	3	2,341	0,1174	*
P	0,000	1	0,000		
CAL_P	1,150	3	2,5812	0,0950	**
ERROR	2,079	14			
TOTAL	6,840	23			
MED.	1,60.				
C.V.	24,09%.				

CUADRO No.57 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE Mg EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5; 2,5 a 7,5 y 7,5 a 15 cm.

	FOSFORO					
	0			80		
	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15
CN	1,30	1,10	1,50			
0	1,46	1,36	1,43	1,43	1,30	1,66
500	1,30	1,10	1,26	1,33	1,40	1,56
1000	1,36	1,43	1,46	1,40	1,33	1,46
1500	1,23	1,23	1,56	1,36	1,20	1,53

CUADRO No.58 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Mg DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,661	2	5,556	0,0167	**
CAL	0,065	3	0,362		
P	0,004	1	0,0631		
CAL_P	0,028	3	0,1565		
ERROR	0,833	14			
TOTAL	1,590	23			
MED.	1,39.				
C.V.	17,47%.				

CUADRO No.59 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Mg DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,831	2	7,4965	0,0061	***
CAL	0,105	3	0,629		
P	0,004	1	0,067		
CAL_P	0,155	3	0,928		
ERROR	0,776	14			
TOTAL	1,870	23			
MED.	1,29.				
C.V.	18,17%.				

CUADRO No.60 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL Mg DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	1,896	2	13,304	0,0026	***
CAL	0,078	3	0,3645		
P	0,094	1	1,3158	0,270	
CAL_P	0,125	3	0,5828		
ERROR	0,997	14			
TOTAL	3,190	23			
MED.	1,49.				
C.V.	17,84%.				

CUADRO No. 63 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,010	2	1,829	0,196	
CAL	0,001	3	0,099		
P	0,000	1	0,0245		
CAL_P	0,009	3	1,1045	0,380	
ERROR	0,038	14			
TOTAL	0,058	23			
MED.	0,18.				
C.V.	27,84%.				

CUADRO No. 64 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 12/7/90 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,002	2	0,3802		
CAL	0,002	3	0,2907		
P	0,000	1	0,0072		
CAL_P	0,003	3	0,406		
ERROR	0,032	14			
TOTAL	0,039	23			
MED.	0,164.				
C.V.	29,29%.				

CUADRO No. 65 EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA PARA EL NIVEL DE K EN EL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LAS PROFUNDIDADES DE 0 a 2,5; 2,5 a 7,5 y 7,5 a 15 cm.

	FOSFORO					
	0			80		
	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15
CN	0,16	0,15	0,15			
0	0,24	0,14	0,14	0,17	0,14	0,14
500	0,20	0,15	0,13	0,20	0,13	0,13
1000	0,17	0,18	0,15	0,22	0,12	0,13
1500	0,24	0,16	0,11	0,21	0,16	0,18

CUADRO No. 66 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 0 a 2,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,015	2	3,124	0,075	**
CAL	0,002	3	0,259		
P	0,001	1	0,498		
CAL_P	0,005	3	0,709		
ERROR	0,034	14			
TOTAL	0,057	23			
MED.	0,214.				
C.V.	23,00%.				

CUADRO No. 67 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 2,5 a 7,5 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,002	2	0,8471		
CAL	0,002	3	0,5762		
P	0,003	1	2,3184	0,1501	
CAL_P	0,004	3	1,1935	0,3481	
ERROR	0,017	14			
TOTAL	0,028	23			
MED.	0,148.				
C.V.	23,05%.				

CUADRO No. 68 ANOVA PARA EL EFECTO DEL ENCALADO Y LA FERTILIZACION FOSFATADA EN EL K DEL SUELO PARA EL MUESTREO DEL 24/4/91 PARA LA PROFUNDIDAD DE 7,5 a 15 cm.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	F	P	Signif.
BLOQUES	0,001	2	0,7429		
CAL	0,001	3	0,2775		
P	0,001	1	0,8320		
CAL_P	0,006	3	2,1565	0,1388	
ERROR	0,014	14			
TOTAL	0,023	23			
MED.	0,141.				
C.V.	22,25%.				

CUADRO No. 89 EFECTO DEL ENCALADO EN LAS DISTINTAS DOSIS,  
 SOBRE EL NIVEL DE AL PARA LAS TRES PROFUNDIDADES DE MUESTREO  
 Y EN SUS DOS MOMENTOS DE MUESTREO.

	MUESTREO DEL 12/7/90			MUESTREO DEL 24/4/91		
	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15	0 a 2,5	2,5 a 7,5	7,5 a 15
0	0,159	0,927	1,13	0,141	0,901	1,378
500	0,070	0,812	0,969	0,106	1,090	1,180
1000	0,053	1,148	1,217	0,017	0,927	1,448
1500	0,088	0,934	0,934	0,035	0,900	1,073
MED.	0 a 15 cm =0,738 meq/100 gr.			12/7/90		
MED.	0 a 15 cm =0,806 meq/100 gr.			24/4/91		

**TABLA**

**RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO Y ANALISIS DE LABORATORIOS.**

B	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3
PARC	4	14	32	8	22	36	5	20	27	1	17	35	3	19	31	10	21	28	12
CAL	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4
P	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1
MSTOT	1621	1305	1808	4366	1424	3943	971	1487	1469	3861	2198	4143	1260	1663	2614	2523	2170	2828	1442
MS1C	239	341	412	866	363	718	285	244	448	874	445	916	353	399	458	842	419	444	312
MS2C	1102	694	1011	3213	593	3037	710	962	854	2642	1368	2965	667	921	1597	1195	1300	2071	802
MS3C	281	271	385	287	469	188	260	281	167	345	386	262	240	343	558	487	452	313	328
MSLOT	122	116	82	2300	273	159	34	21	42	1337	575	1622	88	222	135	228	275	998	70
ZLEG	11	2	8	71	46	52	4	2	4	50	42	54	13	24	8	19	21	48	8
NFLT	19	15	12	18	9	7	19	15	8	31	18	13	13	14	20	17	23	13	14
P2.5	3	4	3	13	10	11	3	4	3	11	13	16	3	1	3	13	16	11	3
P7.5	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
P15	2	1	2	1	2	2	2	3	1	3	2	1	1	2	2	1	2	2	1
P2.5	1	2	3	9	3	5	2	3	3	4	3	4	3	1	3	3	3	8	1
P7.5	2	1	3	2	3	2	1	3	2	2	2	2	3	2	2	2	1	1	1
P15	1	2	3	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1
H2O	5,3	5,5	5,5	5,5	5,4	5,4	5,8	5,6	5,8	5,7	5,5	5,7	5,9	5,7	5,6	5,8	5,9	5,7	5,8
KCL	4,1	4,5	4,5	4,2	4,5	4,6	4,8	4,6	4,8	4,4	4,7	4,8	4,9	4,7	4,7	4,9	5,2	4,1	5
H2O	5,4	5	5,2	5,2	5,4	5,5	5,2	5,2	5,5	5,4	5,2	5,4	5,2	5,3	5,4	5,2	5,5	5,3	5,3
KCL	4,5	4,2	4,2	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1
H2O	5	5,3	5,4	5,2	5,5	5,5	5,4	5,2	5,5	5,8	5,3	5,6	5,2	5,5	5,2	5,5	5,5	5,3	5,5
KCL	4	4,2	4,2	4,1	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,8	4,2	4,2	4,1	4,2	4,1	4,2	4,2	4,1	4,1
H2O	5,2	5,5	5,6	5,7	5,9	5,8	5,6	5,7	5,7	5,6	5,4	5,8	5,3	6,2	5,7	5,9	6,1	5,9	6,1
KCL	4	4,4	4,6	4,4	4,6	4,7	4,4	4,2	4,6	4,5	4,2	4,8	4,1	5,1	4,8	4,8	4,9	4,8	5,1
H2O	5,5	5,4	5,2	5,3	5,2	5,5	5,6	5,3	5,3	5,4	5,3	5,6	5,5	5,5	5,2	5,3	5,5	5,6	5,6
KCL	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,2	4,2	4,2	4,0	4,2	4,2	4,2
H2O	5,2	5,7	5,3	5,2	5,6	5,6	5,3	5,1	5,3	5,4	5,5	5,7	5,3	5,5	5,6	5,5	5,3	5,5	5,2
KCL	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,0	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,2	4,1	4,2	4,2	4,2	4,1
Ca2.5	1,5	3,8	4,2	3,4	3,5	5,3	3,2	3,8	4,6	5,3	4,9	5,9	4,3	4,2	3,8	5,9	6,4	5,1	4,3
Ca15	1,2	2,6	2,5	1,8	2,6	3,1	2,3	2,6	2,6	3,2	2,9	3,7	2,7	2,6	3,2	2,2	2,5	2,8	2,0
Ca7.5	1,7	2,4	2,7	1,7	2,5	3,0	2,0	2,2	2,3	1,8	3,1	3,5	2,6	2,5	2,8	2,5	2,8	2,3	2,1
Mg2.5	0,9	1,5	1,8	1,4	1,7	2,3	1,0	1,9	1,1	2,1	1,4	1,9	1,1	1,7	1,8	2,2	1,6	2,3	1,1
K15	0,15	0,14	0,14	0,16	0,18	0,15	0,14	0,18	0,17	0,18	0,13	0,16	0,17	0,14	0,15	0,15	0,2	0,18	0,33
K2.5	0,23	0,2	0,29	0,23	0,14	0,21	0,14	0,24	0,24	0,14	0,18	0,28	0,12	0,24	0,22	0,2	0,26	0,21	0,24
K7.5	0,12	0,11	0,19	0,17	0,12	0,15	0,12	0,18	0,15	0,13	0,11	0,13	0,17	0,18	0,2	0,12	0,13	0,11	0,15
K15	0,12	0,13	0,18	0,17	0,13	0,11	0,08	0,15	0,16	0,13	0,15	0,12	0,12	0,15	0,19	0,13	0,14	0,14	0,09
N.T1	2,2	2,6	3,4	7,0	3,0	7,0	2,1	1,9	4,1	9,3	4,3	9,2	3,1	4,2	3,7	9,5	6,5	3,4	2,6
N.T2	5,3	2,9	4,5	29,7	3,3	25,8	3,4	4,6	4,2	28,7	10,2	27,2	5,3	5,5	7,6	7,0	8,5	22,8	3,1
P.T1	0,394	0,57	0,70	2,59	0,68	1,86	0,42	0,39	1,20	2,88	1,11	1,37	0,63	0,67	0,77	2,52	1,79	1,06	0,56
P.T2	0,748	0,20	1,71	3,53	0,53	5,46	0,56	1,63	0,85	4,49	1,77	2,66	0,66	1,93	2,71	1,55	2,21	2,27	1,28
K.T1	3,489	4,43	4,94	13,8	4,64	9,33	3,07	3,51	6,89	10,3	6,94	14,6	3,95	5,26	6,87	11,1	8,74	6,39	4,49
K.T2	2,294	3,34	4,94	12,8	3,92	8,47	3,36	2,92	5,10	10,4	5,07	10,9	4,58	5,02	5,31	13,1	5,02	4,79	4,61

continuación

B	2	1	3	2	1
PARC	15	33	9	18	29
CAL	4	4	4	4	4
P	1	1	2	2	2
MSTOT2064	2287	3370	2183	2841	
MS1C	429	502	821	557	407
MS2C	1309	1312	2197	1231	2026
MS3C	326	472	353	395	409
MSLOT	302	182	593	209	368
%LEG	23	13	26	16	18
NPLT	19	17	12	12	7
P2.5	3	3	9	15	15
P7.5	2	1	2	2	1
P15	1	1	2	3	1
P2.5	1	3	5	4	5
P7.5	1	3	3	1	1
P15	1	3	3	1	1
PH2.5H2O	5,9	5,9	6,1	5,6	5,5
PH2.5KCL	5	4,5	5,2	4,9	4,9
PH7.5H2O	5,3	5,5	4,8	5,4	5,5
PH7.5KCL	4,2	4,1	4,1	4,2	4,2
PH15 H2O	5,7	5,7	5,5	5,5	5,5
PH15 KCL	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
PH2.5H2O	6,1	6	5,1	6,2	5,8
PH2.5KCL	4,9	4,9	4,2	5,1	4,9
PH7.5H2O	5,6	5,4	5,2	5,5	5,3
PH7.5KCL	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3
PH15 H2O	5,3	5,3	5,8	5,5	5,6
PH15 KCL	4	4,2	4,8	4,2	4,2
Ca2.5	4,8	6,1	2,3	6,5	5
Ca15	2,4	3	2,9	2,7	3,5
Ca7.5	2,7	2,8	2,4	1,9	3,1
Mg2.5	1,4	2,5	1,1	2	1,4
K15	0,12	0,13	0,13	0,18	0,18
K2.5	0,28	0,21	0,13	0,27	0,23
K7.5	0,21	0,13	0,14	0,11	0,23
K15	0,1	0,15	0,22	0,16	0,16
N.T1	2,3	4,3	10,4	5,4	3,4
N.T2	10,4	7,5	12,5	7,5	12,0
P.T1	0,42	0,40	1,39	1,05	1,01
P.T2	3,14	1,31	1,75	1,96	2,83
K.T1	5,14	5,42	12,3	7,24	5,69
K.T2	4,89	7,22	9,03	7,79	4,47