



Ministerio de Educación y Cultura  
Universidad de la República  
FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE  
EXTENSION Y  
BIBLIOTECA

# Efectos del Encalado y la Fertilización Fosfatada en ALFALFA

por

Juana Maria Ambrosoni

**TESIS** presentada como uno  
de los requisitos para obtener  
el título de Ingeniero  
Agrónomo en la Orientación  
Granjera.

Montevideo  
URUGUAY  
1979

Tesis aprobada por:

Director: \_\_\_\_\_

Nombre completo y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

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

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

*Traxa Maria Ambrosini*

Nombre completo y firma

*[Handwritten signature]*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco la colaboración a las siguientes personas:

- Al Profesor Asistente, Ing. Agr. Antonio Mallorino.
- Al Profesor Asistente, Ing. Agr. Omar N. Casanova.
- Al Profesor Adjunto de la Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Ing. Agr. José Pedro Zamalvide.
- A la S<sup>ra</sup> Bach. Leticia Martinez de Yarzaban.
- Al Téc. Wilfredo Ariel Ibañez.
- A todos los docentes y funcionarios de la Cátedra de Suelos ; Fertilidad y Fertilizantes que de una forma u otra colaboraron en la realización de esta Tesis.



Página

|   |    |
|---|----|
| IV.4 Efecto de la fertilización fosfatada en el potasio absorbido.. . . . . | 40 |
| IV.4.1 Porcentaje de K en planta . . . . .                                  | 40 |
| IV.4.2 K total en planta . . . . .  | 40 |
| IV.5 Efecto del encalado en el pH del suelo . . . . .                       | 45 |
| IV.6 Efecto del P disponible en el suelo . . . . .                          | 47 |
| V. <u>CONCLUSIONES</u> . . . . .  | 49 |
| VI. <u>APENDICE</u> . . . . .   | 50 |
| VII. <u>BIBLIOGRAFIA</u> . . . . .  | 58 |

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| <u>Cuadro N°</u>  | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1 A Datos analíticos del suelo .. .. .  | 24            |
| 1 B Características de la caliza .. .. .  | 25            |
| 2 A Materia Seca kg/há . . . . .  | 28            |
| 2 B Análisis de Varianza para Materia Seca en<br>kg/há.. . . . .                | 29            |
| 3 A Porcentaje de fósforo en la planta .. .. .                                  | 31            |
| 3 B Análisis de Varianza para Porcentaje de Fósfo-<br>ro en planta . . . . .    | 32            |
| 3 C Análisis de Varianza de Fósforo Total en plan-<br>ta .. . . . .             | 33            |
| 3 D Fósforo total kg/há en planta .. .. .                                       | 36            |
| 4 A Porcentaje de Nitrógeno en planta . . . . .                                 | 36            |
| 4 B Análisis de Varianza para porcentaje de Nitró-<br>geno en planta .. . . . . | 37            |
| 4 C N total absorbido por la planta kg/há .. ..                                 | 38            |
| 4 D Análisis de Varianza para Nitrógeno total en<br>planta . . . . .            | 39            |
| 5 A Porcentaje de Potasio en planta .. .. .                                     | 41            |
| 5 B Análisis de Varianza para Porcentaje de Po-<br>tasio .. . . . .             | 42            |
| 5 C Potasio total en planta .. . . . .  | 43            |
| 5 D Análisis de Varianza para Potasio totan en<br>planta . . . . .              | 44            |
| 6 A pH del suelo . . . . .  | 46            |
| 7 A Fósforo disponible en el suelo (Bray N°1)<br>(ppm) .. . . . .               | 48            |

| <u>Figura N°</u>  | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1 Curva de regresión exponencial para la<br>suma de los cortes .. . . . . | 27            |

# **Introducción y objetivos**

## I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.

La alfalfa es una de las forrajeras utilizadas por su ciclo estival como cultivo de verano para suplir la escasez de materia seca disponible.

Es un cultivo muy sensible a las variaciones de pH y su efecto en la disponibilidad de nutrientes. Uno de los nutrientes más afectados es el P. Por estas razones se orientó el ensayo a las modificaciones favorables del encalado sobre el pH incluyéndose la fertilización fosfatada como variable.

En el primer año de instalado el Ensayo: Los objetivos de este trabajo, serían estudiar la respuesta de los rendimientos de la alfalfa al encalado y la fertilización fosfatada en un suelo con bajo pH sin Aluminio ni Manganeso intercambiables. Realizándose los estudios de absorción en la planta de P, K y evaluándose la fijación simbiótica a través del Nitrógeno.

## **II. Revisión Bibliográfica**

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA.

### II.1 Generalidades .

Se estudia el problema del crecimiento de Medicago Sativa en suelos ácidos por ser una especie sensible a la acidez de los suelos. Su cultivo se ha extendido por las propiedades nutritivas de la misma y poseen una finalidad doble de pastura y buen forraje.

Se ha tratado de establecer un pH óptimo para su desarrollo; Thompson (81) lo establece en 6,5, Hassbender (27) entre pH 6,2 a 7,8, Heylan y Anderson (34,35) sostienen que no puede crecer a pH menores que 5,2 sin manifestar algún problema.

Sin embargo, Murus (54) en soluciones culturales demostró que la alfalfa se desarrolló bien evitando factores tóxicos del medio.

El encalado no solo tiene efecto en el aumento de pH, sino por la aportación de Calcio y disponibilidad de otros nutrientes o sustancias tóxicas.

### II.2. Toxicidad del Aluminio y del Manganese

#### II.2.1 Toxicidad del Aluminio.

En suelos con pH ácidos aparecen cantidades apreciables de Al intercambiable. El Al intercambiable es considerado fitotóxico a determinadas concentraciones para algunas especies. La alfalfa es una especie muy sensible a la toxicidad del Aluminio.

Varios autores han tratado de establecer el rango de pH en el que aparecieron concentraciones fitotóxicas. Black (15) sostiene que estaría entre pH 5,5 e inferiores. A pH mayores los iones  $\text{OH}^-$  se combinan con el Al para formar  $\text{Al}(\text{OH})_3$  insoluble que desaparece de solución del suelo. (49,34,52,84,74,29)

En suelos con Al intercambiable las Bases intercambiables son liberadas a la solución del suelo en un intercambio incompleto.

La cic disminuye por pérdida de posiciones de intercambio como consecuencia de la acumulación en las intercapas de polímeros hidroxialumínicos en las arcillas expansivas. El Al hidratado es un complejo coordinado en que un átomo central se encuentra enlazado en posición octaédrica a los  $O_2$  de 6 moléculas de agua circundantes :  $[Al(OH)_6^{+++}]$  ó  $[Al(H_2O)_6^{+++}]$ , actúa como ácido débil. Al aumentar las concentraciones de  $OH^-$  la carga individual de los iones disminuye. Tendiendo a unirse formando polímeros por pérdida de agua. El pH aumentará lentamente entre el rango de 4 a 8 y los polímeros aumentarán por pérdida de protones. Ocurriendo su precipitación antes de la formación de  $Al(OH)_3$ .

Los polímeros se hallan entre las capas de las arcillas (montmorillonita vermiculita) formando capas completas (cloritas). Bajo esta forma no tienen mucho poder de intercambio.

Los polímeros de Al en intercapas podrían estar asociados con iones férricos hidratados de  $[Fe(H_2O)_6^{+++}]$ . La disociación de protones se produce a un pH menor que el Al lo que atenúa su acumulación.

Las concentraciones en las cuales el Al es tóxico para las plantas fueron estudiadas por Munns (55) que utilizó alfalfa en soluciones nutritivas y encontró síntomas a 20-100 micromoles de Al en solución de suelo. Y en los ápices de las plantas aparecían síntomas cuando alcanzaban 3-10 ppm del peso seco de los ápices.

Las manifestaciones de los síntomas más comunes según Heylar y col. (34), Munns (54) es la atrofia en la raíz, también observados en alfalfa. Produciéndose por acumulación en la planta, de P y Al.

Rios y Pearson citados por Black (15) así como Romison encontraron que en condiciones tóxicas de Al revelaban una cantidad anormal de células bicelulares en los meristemas del ápice radicular, inhibiendo la división celular. A su vez el Al reaccionaría con sustancias pécticas de la pared de las células volviéndolas más cortas y menos plásticas perdiendo permeabilidad.

Black (15) sostiene que el Al se acumula en la corteza y superficie radicular, en el protoplasma celular y en el núcleo. La resistencia de algunos cultivares era debido a que mantenían un pH mayor alrededor de las raíces, precipitándose el Al en el suelo circundante a la raíz y no en el interior de la misma.

El Al tiene un efecto indirecto produciendo deficiencias en P. Aunque no se ha podido esclarecer en todos sus puntos (35)'. .

Munns (55) observó que con altas concentraciones de Al intercambiables, habría acumulaciones de P y Al en la raíz, disminución del transporte de P hacia los tallos y por consiguiente un menor crecimiento general de la planta. Las deficiencias en P desaparecerían con agregados de P.

### II.2.2 Toxicidad del Manganeso.

La solubilidad del Mn se encuentra afectada por el pH, al igual que el Al<sup>+++</sup>. Al disminuir el pH, aumenta su solubilidad pudiéndose acumular a concentraciones tóxicas. Acentuándose las condiciones fitotóxicas del Mn en condiciones reductoras o de mala aereación (14, 81, 84)

A semejanza del Al se ha establecido que el rango de pH que aparecerían concentraciones tóxicas de Mn sería de 5,5 e inferiores.

Pudiendo estar afectado por el porcentaje de materia orgánica que posea el suelo, independientemente del pH, extrayéndolo de la solución del suelo (80,12)

Los suelos con alta cantidad de sesquióxidos, poseen altos tenores en Mn como Al intercambiables (Black, 14)

La cantidad hallada de Mn intercambiable para producir toxicidad en planta son variables tanto en suelos como en la planta. Heylar y col. (35), trabajando en hidroponia, encontraron síntomas de toxicidad cuando los ápices de alfalfa tenían 6,9 y 7,5 de peso

seco y una depresión en el rendimiento del 30% cuando alcanzaban 10,3 m Moles/gr de materia seca.

Rhykeard y col. con 30-100 ppm de Mn en el momento de la floración, aparecerían síntomas.

Munns (56) observó que cuando los ápices de alfalfa contienen 1000-1200 micromoles de Mn por gramo de materia seca se produciría fitotoxicidad.

Adams y col. (1) trabajando en suelos del Sur de Estados Unidos y Puerto Rico, hallaron que el contenido de Mn variaba de 3 a 3460 ppm y que dependía del pH su concentración y que estas concentraciones eran fitotóxicas.

Las manifestaciones de los síntomas en la planta son característicos, a la inversa de lo que ocurre con el Aluminio. Ruesto que los síntomas de toxicidad en Al muchas veces son enmascaradas por deficiencias en P.

Los síntomas son más notables en plantas jóvenes (Black, 14) aun ue podrían diferir entre especies, apreciándose un moteado marrón en las hojas. También podría inducir una deficiencia en Hierro (Schuel y col. 74) ya que parecería producir enrollamiento, manchas blancuzcas y nervaduras más claras, en las hojas de alfalfa.

Parecería que existiese una correlación negativa entre el Mn con respecto al P ya que a diferencia del Al no disminuye su fitotoxicidad con el agregado de P (Trough y col. 86) sino que por el contrario aumentaría su extracción, reflejada en el porcentaje de P absorbido por la planta. Haciendo decrecer el rendimiento en leguminosas. Lo inverso no sucedería.

### II.3 Efecto del Calcio.

La alfalfa es uno de los cultivares que posee un rango más estrecho a la acidez. La colocación de plantas con un rango de tolerancia a la acidez, no ha dado mucho resultado por lo lento de su avance

y por aparecer efectos no deseados. A pesar de existir interacción pH clon (Buss y col 16) lo que aseguraría variabilidad genética.

Las leguminosas responden directamente al agregado de Calcio (Thompson 81). Sus raíces presentan alta cic, siendo mayor que en las gramíneas. Entre las leguminosas, la alfalfa y el trébol dulce poseen las mayores exigencias en Calcio. (21,65,82)

La mayor densidad de cargas negativas y su mayor proximidad en las raíces motiva que absorban más los iones divalentes que monovalentes. Por otro lado el mayor espacio entre las cargas de las superficies de las raíces de menos CIC da lugar a una mayor absorción de iones monovalentes.

Según Bear (12) la mayor absorción de calcio se debería a que las raíces contendrían oxalatos, citratos que serían altamente efectivos para extraer calcio de minerales como la caliza y fosfato de roca.

Drake y cols. elaboraron una tabla de CIC de muchas especies vegetales, citados por Bear (12). Las Dicotiledoneas (entre ellas las leguminosas) poseen mejor CIC que las monocotiledoneas. Los valores de CIC dado para Medicago sativa Atlanta fue de 48 mef/100 gr de su peso seco y para Común de Kansas fue de 40 mef/100 gr de su peso seco.

Existe una relación marcada entre la absorción de Calcio y el pH, muchos autores así lo confirman (39, 74, 4, 15, 12, 81, 73) ya que el transporte de un catión metálico está condicionado por la concentración de  $H^+$  (15, 52, 74).

Según Black (15) existen 2 teorías que tratan de explicarlo:  
1º)  $H^+$  compite por los sitios selectivos de transporte y la 2<sup>da</sup>) que los  $H^+$  deterioran irreversiblemente el mecanismo de absorción. Ambas se complementarían y el calcio desempeña un papel importante en mantener la integridad de los mecanismos de absorción y selectividad de cationes y el  $H^+$  tendería a desplazarlo.

El agregado de calcio aumenta el porcentaje de saturación en bases de los suelos (Mochler y col. 52).

Johny y cols. (38) determinaron una ecuación de predicción del rendimiento que explicaba el 66% de la variabilidad y era explicado por la saturación en bases  $\text{Ca}^{++}$  y relación Al/ClC.

Lund (46) trabajando con alfalfa en laboratorio halló que una relación  $\text{Ca}^{++}$ /Cationes entre 0.1 y 0.2, los requerimientos en Calcio eran mínimos.

Para John y cols (38) los rendimientos de alfalfa aumentan con cal y una significación en los rendimientos requirió alcanzar un 70% de saturación en bases.

El P también se ve afectado por los niveles de calcio. El pH determina la forma en que se encuentra el ión fosfato en el suelo.

En condiciones muy ácidas el ión predominante será  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . En el intervalo de 6.5 a 7.5 predominará  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^-$  por encima de esos valores  $\text{PO}_4^-$  (17, 15, 81, 73). Al disminuir el pH la solubilidad de los hidróxidos de Fe y Al aumentan. Precipitan al P en forma de fosfato de Fe o Al. Al aumentar el pH, agregando cal, estos efectos desaparecerían.

Pons (65) ha encontrado que con Al intercambiable de 3.8 mililitros/100 gr de peso seco de suelo, las plantas de alfalfa murieron y al eliminar el Al intercambiable el efecto no se produjo. El Al penetraría en las raíces y parecería detener en parte la actividad de P por ellas absorbidas (Black, 12)

A pH altos, se produce insolubilización de los iones fosfatos formando fosfatos di y tri cálcicos (15, 12, 74, 65, 5, 48)

El Calcio incide en la fijación simbiótica (64, 2,4) y en disponibilidad de N del suelo y del agregado.

Incide en la relación K:Ca y micronutrientes.

La caliza agregada favorece las características estructurales del suelo, dando mayor agregación.

Las manifestaciones de los síntomas no son muy claras pues afectaría no solo el calcio por sí mismo sino por las modificaciones que produce en el suelo. Al mejorar distintas condiciones del suelo el agregado de cal contribuye a aumentar el desarrollo total de la planta y la productividad de los cultivos (21, 64, 66)

Afectaría marcadamente la distribución de las raíces, aumentando el desarrollo radicular pero seguramente por las modificaciones de nutrientes y agua más que por el Calcio en sí.

#### II.4 Efecto del Fósforo.

El P es absorbido por la planta bajo forma de ión ortofosfato inorgánico (Thompson, 81).

El P en el suelo se encuentra en forma orgánica e inorgánica. La mayor parte del mismo se encuentra en forma orgánica. En Estanzuela en una pradera parda, Castro (18) halló que la mayor proporción en el suelo de P era de forma orgánica (73.7%). En suelos cuyos niveles iniciales eran de 9.2 ppm (Bray I) y 9.1 ppm (Resinas).

Las plantas absorben P de la solución del suelo y poco bajo forma intercambiable (81) aunque las necesidades son más pequeñas que otros nutrientes. Al utilizarlo el cultivo en forma soluble casi exclusivamente estaría afectado por sus condiciones de formación. Además el P es de baja solubilidad en el suelo, su concentración puede variar de 0.3 a 1.0 ppm. Siendo en general independiente del contenido de humedad.

Los requerimientos del nivel crítico para Through y col. (85) son de 0.23%. Wallace 0.27% (65) Freitas y col. (29) de 0.15% en planta. El establecimiento de un nivel crítico estaría afectado por el ciclo biológico que se encuentra el cultivo, pues generalmente disminuye la concentración de nutrientes en la planta con la edad del cultivo (81). El nivel crítico sería un valor de concentración de nutrientes por debajo del cual la fertilización de ese nutriente puede ser efectiva y por encima es antieconómico.

Actualmente se harían referencias del ciclo vegetativo y el nivel crítico.

Las diversas formas inorgánicas de P se verán afectadas por el pH, ya explicados en párrafos anteriores. Un pH adecuado para una mayor disponibilidad de P fue establecido por Tisdale y col (84) entre 5.5 y 7.0.

Los suelos muy meteorizados, con relaciones altas Fe, Al/Ca Silice, que insolubilizan los iones fosfatos requieren previamente tratamientos con cal (Roberston y col., 71) (81, 12, 15)

El tipo de arcilla influye en la disponibilidad de P. Las arcillas que retienen en mayor proporción el P son las del tipo 1:1 frente a las 2:1. Por mayor concentración de óxidos hidratados de Fe y Al (15, 81, 73, 12).

Black (15) afirma que el P liberado en los suelos provenientes de minerales primarios reacciona en un principio con la arcilla y como consecuencia si mantenemos las demás condiciones restantes, el porcentaje de P en el suelo aumenta a medida que aumenta la proporción de arcilla.

El agregado de un fertilizante fosfatado, la disponibilidad del mismo estará afectada por los factores que fijan y retienen el P. Los factores que fijan el P lo hacen que el P queda no disponible y la retención que es un proceso reversible (Tisdale y col 84).

La fijación estará regulada por los cambios de pH presencia de hidróxidos de Al y Fe, a la adsorción debida al intercambio catiónico por compensaciones de cargas negativas a bajos pH en los minerales arcillosos. (84, 65, 12, 15).

Escudero y col (25), estudiaron la fijación de P en el suelo de 39 suelos del Uruguay. Es posible medir la capacidad midiendo algunos parámetros. El contenido de Fe O explicaría mejor la fijación de P que el porcentaje de arcilla o aluminio intercambiable.

De acuerdo al intercambio catiónico por compensaciones de diferencias de cargas el contenido de materia orgánica de los suelos aumenta la disponibilidad de P (81, 12, 15)

Los ácidos húmicos de la materia orgánica reaccionan con los hidróxidos de Fe y Al formando complejos insolubles retirándolos de la solución del suelo.

Impidiendo la insolubilización del P.

El P inicial en el suelo afectaría las aplicaciones de fertilizantes fosfatados. Existiendo diferencias en distribución y actividad. El P agregado es más activo pero no tan bien distribuido como el P inicial.

La disponibilidad de P es distinta según el método utilizado para su extracción del suelo. En el Uruguay Zamalvide y col. (91) estudiaron éste problema. Sus resultados fueron los siguientes:

Bray N°1: extraería principalmente P-Al, en menor proporción P-Fe.

No siendo significativa la extracción de P-Ca.

Olsen : Semejante a Bray 1. Con mayor correlación entre P-Ca.

Resinas de intercambio:

## II.5 Efecto Cal x Fósforo.

El efecto del agregado de cal y fertilizante fosfatados fueron estudiados en 1964 por Murgia (61) en suelos del norte uruguayo.

Los suelos ácidos del Norte poseen Al intercambiable, mientras que los suelos ácidos del Sur no lo poseen (García, comunicación personal).

Murgia (61) constató respuesta favorable en siembras de leguminosas con el empleo de escorias Thomás más urea. Posteriormente estos resultados fueron analizados por Beltrami y otros. Concluyeron que la mayor respuesta hallada tendría una explicación en las propiedades de la escoria Thomas al ser un fertilizante altamente alcalinizante.

Su contenido elevado de CaO libre contribuiría a disminuir la acidez y aumentar el porcentaje de saturación en bases llevándolo a valores más aprovechables para el desarrollo de las leguminosas.

Asnarez (7) en 1939 en cultivos de alfalfa, halló que las respuestas fueron positivas al agregado de superfosfato en escala aritmética.

La producción de materia seca aumentó los rendimientos al encalar sin fertilizar y fertilizado con fósforo.

Mallarino y col. (50) en un Brunosol Subéutrico Lúvico sin Al intercambiable. Encontraron marcada respuesta al encalado y la fertilización fosfatada. Con 2500 kg/há de cal la interacción fue positiva, con 5000 kg/há la interacción fue negativa. Atribuyendo estos resultados que a menores dosis se favorece la nodulación y a mayores dosis se forman fosfatos de Ca insolubles que disminuirían la disponibilidad del P. Los análisis en planta mostraron la misma tendencia.

Palgi y Vadora (62) sobre un Brunosol Subéutrico Lúvico sin Aluminio ni Manganeso intercambiable, encontraron alta respuesta al P y moderada a la cal. Aunque el efecto Cal x P no fue significativo, hubo tendencia a que interactuaran negativamente. El porcentaje de P en planta aumentó por la fertilización fosfatada y en menor grado por el incalado. Aumentó el número de plantas, afectando positivamente la fijación simbiótica del Nitrógeno.

El perjuicio del aumento de Al intercambiable a pH 5.5 e inferiores podría no solo deberse a una interacción en el suelo (Black, (5) asirio en el interior de la planta. Aumentando los requerimientos en P por el contenido anormal dentro del vegetal. Explicaría requerimientos más altos en P en suelos ácidos.

El encalado (48) tendría efecto por aumentar la absorción del P por la planta y no tanto en su solubilidad. Las distintas dosis de cal aumentarían la nodulación pero su concentración se mantendría constante en la planta en bajas dosis de P.

John y col. (38) afirman que la influencia del encalado afectaría la concentración del P soluble, aumentándolo a partir de formas insolubles.

L. Pons (65), llegó a las mismas conclusiones estudiando el efecto residual luego de 2 años de aplicada la cal y fertilización fosfatada. Considerando que el encalado era imprescindible para la alfalfa.

El encalado y la fertilización fosfatada prácticamente no tuvieron efecto sobre la cantidad de P extractable del suelo y en el porcentaje absorbido por la planta. La extracción de P aumentó debido a un aumento en la producción. Según Summer (80) agregando grandes dosis de P en el suelo no se requerirían pH adecuados para el crecimiento de la alfalfa.

Mac Lean y col. (48) estudiaron 6 suelos del Este de Ontario a distintos pH con y sin fertilización fosfatada. Todos los suelos encalados aumentaron los rendimientos, independientemente del P inicial. El óptimo hallado de pH al agregado de P fue de 6.5 a 7. Sin P el máximo rendimiento se obtuvo a pH 7.5. Encontraron que la fertilización con P aumentó el porcentaje en la planta.

Zamalbide y col. (89) para trébol subterráneo cultivado en un suelo superficial rojo sobre basalto con Al y Mn intercambiables, reportearon un efecto depresivo al P con las variantes encaladas, siendo este efecto mayor cuanto menor era el nivel de la enmienda. La acción depresiva era más importante en el P procedente del suelo que en el fertilizante. Al transcurrir el tiempo se aprecian en los sucesivos cortes una disminución de los efectos negativos del encalado frente al P, aumentando la respuesta frente a los primeros.

Balcar y col. (8) trabajando en caña de azúcar con P radioactivo, llegó a la misma conclusión que los anteriores. Encontró disminución en el rendimiento frente al encalado en el 1<sup>er</sup> año.

En períodos mayores de tiempo el rendimiento de los suelos encalados aumentó a partir del 2<sup>do</sup> año. Concluyó también que con encalar se aumenta el poder suministrativo del suelo en cuanto al P, aunque éste no se manifieste en el 1<sup>er</sup> año en un aumento de rendimiento de cosecha. Además de disminuir el encalado, la disponibilidad del P nativo aumentando la eficiencia del aplicado y su efecto residual.

Sigh y col. (78) reportearon una respuesta negativa entre el encalado y el agregado de P, obteniéndose respuesta de ambos por separado. Este suelo estaba muy meteorizado; la cal aumentó la asimilabilidad de la fracción E-P.

## II.6 Efecto sobre la disponibilidad del Potasio.

En los suelos del Uruguay no se ha comprobado deficiencia en K, su concentración en la planta generalmente sobrepasa los niveles considerados como valores críticos (1.4 a 1.6%).

En el ensayo realizado por Mallarino y col. (50) corroboraron este hecho al no encontrar deficiencias al suministro de K por el suelo. Apareciendo una moderada significación al efecto Ca : P atribuido a la mayor producción de M.S., más que al efecto K. En la tesis de Palgi y Vadora (62) se observó lo mismo.

Las plantas lo extraen del suelo como ión  $K^+$  en forma intercambiable y de la solución (Black, 15). Si la solución del suelo y los sitios de intercambio catiónico están lo bastante exhaustos de K este es liberado de la forma no intercambiable. Su liberación cesa cuando las plantas dejan de extraerlo.

La mayor parte del K en la planta, se encuentra en la parte vegetativa y subterráneas. Al ser recolectadas podrían provocar el agotamiento, cosa que en el Uruguay no se ha dado.

Las arcillas fijan K en las intercapas sobre todo en suelos que tienen alta cantidad de arcillas 2:1 e illita (81, 15, 12)

El pH contribuye a la liberación de K. Al aumentar la concentración de saturación de bases en el suelo, aumenta el K en solución.

Cuando el pH oscila entre 3 y 7 influye poco en la fijación de K pero estaría relacionado con la presencia de arcillas en suelo. La fijación por las arcillas aumenta con la presencia de Ca, en un suelo rico en montmorillonita la cal aumenta la actividad de  $K^+$  pero reduce la formación de K intercambiable disminuyendo el K en solución. En un suelo rico en caolinita la cal aumenta en apariencia la liberación del K intercambiable si bien reduce la cantidad de este elemento en la solución del suelo (Black 15).

Pons (65) ha encontrado que con el aumento de cal disminuyó la concentración de K en el suelo.

Posiblemente debida a una mayor absorción por aumento de la producción o por mayor retención del suelo debido al agregado de cal. No significando que no estuviese disponible para la planta.

Martin W.E. y Matocha (51) encontraron que el P en tallo estaba correlacionado con los rendimientos en K en el tallo o ápice.

## II.7 Efecto sobre la disponibilidad de micronutrientes.

Ciertos elementos presentes en pequeñas cantidades en los tejidos biológicos, se han comprobado que son esenciales para el normal desarrollo de las plantas son llamados elementos trazas y estos son: Cu, Mo, Zn, Fe, Bo. Los 3 primeros actúan como cationes en el suelo y son absorbidos como tales o en forma de fenatos. Los 2 últimos reaccionan como aniones (12,81).

El Cu se encuentra en el suelo en forma de catión asimilable, pero que de estar en la solución o en forma intercambiable. Es más soluble en el suelo ácido y su solubilidad disminuye al aumentar el pH (Black). Pudiera existir toxicidad del Cu causado por su exceso, generalmente se asocia a una deficiencia en Fe (Summer, 80)

La concentración de Fe varía con el pH. en pH ácidos se encuentran las mayores concentraciones. Con el encalado podría inducirse deficiencia apareciendo "clorosis férrica". La relación desequilibrada de los demás microelementos especialmente el Mg suele también producir Clorosis.

Jorma Erkama (24): cultivó plantas en agua estéril donde se agregaron Mn e Fe y aquellas donde no se suministró Mn contuvieron mayor cantidad de Fe. El Cu también induciría deficiencia en Fe relacionados por oxidoreducción, oxidando el ión ferroso a férrico que relativamente es más insoluble.

El Cinc se encuentra en el suelo en forma de catión en minerales primarios y secundarios. Su solubilidad está afectada por los pH. El óptimo de solubilidad estaría entre 5.2 y 6.0 (Thompson) han déficit a pH alto.

Demetrio y col. (22) observaron que era necesario una adecuada cantidad de Zn para fijar simbióticamente el N para la nutrición de la planta.

El Mo también ve afectada su solubilidad por el pH, a bajos pH precipita junto con el Fe. Es un catión muy importante en la fijación simbiótica.

El Boro actúa también como anión y se ve afectada su disponibilidad de acuerdo al pH. La cantidad de Bo asimilable disminuye si el pH es mayor que el neutro, afectado por un encalado excesivo.

Su concentración en hojas no varía en general de 70 ppm. La deficiencia de Bo en alfalfa se traduce en una disminución de la cosecha y amarillamiento de la hoja.

## II.8 Nodulación y fijación de N.

La experiencia realizada en nodulación muestran que existe una relación positiva entre el Ca y el pH. Encontrándose valores críticos para Ca y pH por debajo de los cuales no hay nodulación y por encima un 100%, aumentándo cualquiera de los dos con lo cual serían rememplazables (Loneragam y col. 43).

El efecto del Ca parecería que fuese a nivel de la pared primaria de las células por lo que no puede sufrir infección en caso de ser atacada.

Los iones  $H^+$  tendrían un efecto dominante en el crecimiento de los Rhizobium, mientras que el Ca solo es referido en forma de trazas a cualquier pH. Los  $H^+$  deprimen las extracciones de Ca de la planta que es donde se manifiesta el efecto del Ca en la nodulación. Los requerimientos de Calcio para nodular (trébol) es mayor que los requerimientos aislados de la planta y el Rhizabium.

Según Munns (54) los suelos poco ácidos al agregar N desaparecería la respuesta a la cal. Sugiere que la cal favorecería el aporte de N simbióticamente. En suelos más ácidos siguió respondiendo al agregado de N lo que indicaría otros problemas no relacionados con la nutrición de N.

Según Loneragam y col. (43) con 0.1 micromoles de Ca en un pH 4.5 modularan el 50% de las plantas y a pH 6 del 93-100%. Andrew (2) encontró que a pH 6 hubo 100% de nodulación pero sin interacción pH Ca. y que a pH 5 aumenta la nodulación pero con altas concentraciones de Ca (2 micromoles) y que con agregados de N el pH aún -influiría.

Andrew y col. (4) encontraron que el porcentaje de Ca en plantas moduladas aumentaba con el aumento del pH. A pH 6 el porcentaje de Ca fue de 0.41 y 1.19 (0.125 - 2 micromoles) 0.29 y 0.94 en plantas fertilizadas con N.

Parecería que la interacción Ca pH se debería al efecto absorción-traslación del Ca ya que las raíces eran menos variables a las distintas concentraciones de Ca.

Schereven (75) estudió cepas de *Rhizobium trifolii* en agar y encontró un óptimo de pH de 5.7. A bajos pH a pesar de que todas tenían pigmento rojo se obtenían plantas con menor peso fresco, peso seco y N fijado por planta.

Munns estudió la nodulación de la alfalfa en soluciones culturales y también los requerimientos de Ca. Encontró que las concentraciones de Ca por debajo de 0.2 micromoles pH menores a 4.8 inhiben totalmente la nodulación.

La etapa más sensible y con mayor requerimientos de Ca era el inicio de la nodulación. A mayor demora en aparecer el pH adecuado mayor demora en la aparición de nódulos. El Ca y el  $H^+$  actuarán en la zona de la rizosfera modificando las propiedades de las bacterias, el pelo radicular o su exoenzimas.

Bajo pH impide el rizamiento de los pelos radiculares. Los hilos de infección aparecen únicamente después de superada esta etapa. Cuando el inóculo es pequeño la reproducción de este es dependiente del pH. A inóculo grande la reproducción se hace independientemente del pH, acumulándose en la rizósfera. Para nodular debe existir una población adecuada en la rizósfera que si bien puede originarse a partir de una célula activa, su reproducción está limitada por el pH. Aún adquiriéndose el nivel óptimo de población la infección se ve limitada hasta superar la etapa de rizamiento de las raicillas. Después puede bajar el pH hasta 4.4 sin interferir en el desarrollo subsecuente de la nodulación.

A mayor demora en aparecer el pH adecuado, mayor demora en la aparición de nódulos que además aparecerán en las raíces laterales ya que parece que los sitios se vuelven obsoletos formándose nodulos en lugares que normalmente no se formarían. Dependiendo de la localización de las condiciones favorables.

A pH menores que 5, aparecería influencia del tamaño del inóculo en la nodulación. Cuando el inóculo es pequeño y las condiciones no son favorables para su reproducción, la nodulación aparecerá

tarde y con menor número de nódulos, disminuyendo el crecimiento general de la planta.

Las posiciones frente a la influencia de P son controvertidas, mientras que Lowther y col. (44) Lutz (47) aseguran que el P incide en la nodulación. Demetrio y col. (27), Helyar y Andersom (34) le atribuyen un efecto nocivo del exceso de P.

Otros nutrientes que afectan la nodulación son el Mo influido por el encalado.

Kliwer (41) sostiene que el encalado aumenta la disponibilidad de Mo. En ausencia de Mo los nódulos toman coloraciones amarillentas en contraste con la coloración normal en presencia de Mo pues actúa como catalizador en la fijación de N (Mulder cita experiencia de otros autores en Australia).

Kliwer y col. (41) establecieron el nivel de Mo adecuado de 0.4 - 0.5 ppm.

El Zn es otro nutriente importante en la nodulación y en pH con exceso de P a través de la nutrición del nódulo e indirectamente a través de la nutrición del huésped. Grandes dosis de cal pueden afectar su disponibilidad.

## II.9 Variación en la composición de las plantas.

La absorción o toma de iones por la planta, es considerado en general, como un proceso de cambio.

Los iones  $H^+$  son liberados al medio de cultivo a cambio de cationes metálicos y se desprenden  $OH^-$  y  $HCO_3^-$  a cambio de aniones (12, 81, 73).

Los coloides del suelo y las raíces compiten por los cationes dependiendo de la  $CCE$  de ambos. Se han estudiado (12) la  $cic$  de las raíces.

Las Dicotiledoneas (entre ellas la alfalfa) poseen  $cic$  más elevadas que las monocotiledoneas. Reteniendo más el Calcio que el potasio.

Se han hecho estudios (Thompson, 81) comparándolas con amíneas. Como consecuencia el encalado podría traer aparejado deficiencias en potasio. En nuestro país la cantidad que posee el suelo de potasio es suficiente para el desarrollo de los cultivos.

El nivel crítico establecido por Martin y col. (51) fue de 17% en planta. En el Ensayo de Mallarino y col. observaron que con el aumento de las dosis de cal se apreciaba una disminución del porcentaje de potasio en la planta en las parcelas sin fertilizar. En las parcelas fertilizadas con fósforo aumentaba, Pons (65) encontró que a bajos pH y con 3.8 mililitros por 100 gr de suelo de Al intercambiable y con una saturación en bases del 21.6%, no permitieron la emergencia de plántulas de alfalfa.

Moeschler y col. (52) en un suelo Red-Yellow-Podzolic encontraron que cuando más cal más rendimiento a un pH 5.7, 96% de saturación en bases.

Algunos autores opinan (Bear 12) (81) que el encalado favorecería la formación de quelatos que influyen en la mantención de iones en solución, por actividad microbiana y presencia de materia orgánica. Inactivarían al Fe y Al intercambiables, reduciendo la fijación de P.

Las predicciones del contenido de cationes en las plantas en condiciones de invernaderos o de hidropomía. Pueden traer aparejados conclusiones erróneas por las diferencias sustanciales de las condiciones a campo. El sistema radicular en una maceta es más limitado en sus condiciones de lo que sería el perfil total del suelo.

La disponibilidad de un catión aumenta con el incremento del porcentaje de saturación en bases, la naturaleza y el porcentaje de saturación del catión asociado.

En Nueva Jersey, Bear y col. (17) observaron las condiciones óptimas de crecimiento para la alfalfa, cuando el complejo de cambio estaba compuesto por 65% de Ca, 10% de Mg 50% de K, 20% de H<sup>+</sup>.

La relación Ca/Mg sería igual a 6.5 y Ca/K de 13.

El desarrollo de las plantas no es muy afectado por una desviación considerable de estos porcentajes, siempre que el porcentaje de saturación de un catión individual no este en el límite dependiente del cultivo.

Para poseer una elevada CIE es necesario una elevada saturación en bases. Siendo necesario neutralizar el suelo ácido para producir absorción por el cultivo. Eliminando sustancias perjudiciales como Al, Mn, H<sup>+</sup>.

Influyendo la neutralización en la disponibilidad de P como consecuencia de la solubilidad del Fe, Al y Ca. Los primeros ensolubilizan el P a pH ácidos, el segundo en pH básicos.

Según Andrew y col. (4) en todas las especies de leguminosas estudiadas un aumento del agregado en cal producía también una disminución de potasio y magnesio. El sodio y el contenido total de cationes no variaba.

Dionne y col. (23) en Quebec en invernadero encontraron que el encalado aumenta el porcentaje de calcio en la planta pero baja el del potasio, magnesio y manganeso.

La absorción selectiva de Ca con respecto al K no se explica fácilmente sobre la CIE. También estaría influenciado por el tipo de arcilla del suelo, lo que limitaría la absorción por el cultivo. La montmorillonita retiene el Calcio con preferencia al K y al NH<sub>4</sub>, mientras que la caolinita a la inversa. La montmorillonita posee mayor CIE que la caolinita. La energía de retención del Ca para la primera es de 1396 calorías por mol y para K es de 710 calorías por mol. La proporción sería de alrededor de 2:1. Los suelos que poseen montmorillonita deberían ser encalados en un 70 de saturación en bases mientras que los que poseen caolinita menor cantidad pero más frecuentemente.

Macy (citado por Black, 15) halló que cuando un elemento nutritivo en el suelo se encuentra deficiente. Con el agregado de

una pequeña cantidad, aumentaría el desarrollo de la planta sin aumentar el porcentaje del mismo en la planta. Si continuamos agregando mayores cantidades el aumento del desarrollo de la planta continuará hasta cierto límite pasado el cual ya no aumentará más, pero comienza a aumentar el porcentaje en la planta. Al adicionar cantidades más importantes no aumentan los rendimientos del cultivo por su absorción si. Lo que estaríamos en lo que se llama Consumo de lujo.

En el Ensayo de Mallarino y col. (50) se observa que al aumentar las dosis de P agregado aumenta el porcentaje absorbido lo que estaría de acuerdo con esta teoría en el lapso llamado "Adaptación a la escasez". Es decir que aumenta de acuerdo al aumento de su disponibilidad. Lo mismo sucedió en el ensayo realizado en S° Ramón medidos en los tallos.

Aumentos en la disponibilidad de P producirían aumentos en el porcentaje de Nitrógeno absorbido posiblemente debido a un mejor crecimiento del vegetal.

## **Materiales y Métodos**

### III. MATERIALES Y METODOS.

A 43 km de Montevideo, en la localidad de Juanicó, departamento de Canelones, se realizó el ensayo. Sobre un Vertizol Rúptico Lúvico. La descripción del perfil es la siguiente:

- 0 - 25 Ap - Gris muy oscuro (10 y R 3/1): franco arcillo limoso; bloques subangulares medios, moderados firme; transición clara.
- 25 - 40 B<sub>2-1t</sub> Negro (10 y R 2/1), arcilloso; bloques subangulares gruesos, fuerte, plástico, pegajoso, transición gradual.
- 40 - 70 B<sub>2-2t</sub> Pardo muy oscuro (10 y R 2/2); arcilloso; bloques subangulares, gruesos, fuerte, plásticos y pegajosos transición gradual.
- 70 - 90 B<sub>3</sub> Pardo grisáceo muy oscuro (10 y R 3/2), arcilloso, bloques subangulares, transición difusa.
- 90 - +Cca Pardo oscuro (10 y R 3/3); arcilloso con concreciones de Ca.

El diseño estadístico utilizado fue un factorial 3 por 4 en parcelas divididas y bloques al azar. Encalándose las parcelas grandes y fertilizándose con distintas dosis de fósforo las parcelas chicas.

La caliza poseía la siguiente composición:

70 % de Ca CO<sub>3</sub>  
5 % de Mg CO<sub>3</sub>

Con un 66% de partículas que atravesaban malla 70.

Las dosis agregadas de caliza se calculó para la obtención de un pH cercano a 7, en base a la acidez titulable. Estas fueron las siguientes:

pH<sub>1</sub> ----- 0 kg/há  
pH<sub>2</sub> ----- 2500 kg/há  
pH<sub>3</sub> ----- 5000 kg/há.

Como fertilizante fosfatado se utilizó Superfosfato de Calcio (21/23)

Las dosis agregadas fueron:

|                |       |   |
|----------------|-------|---|
| P <sub>0</sub> | ----- | 0 kg/há de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  |
| P <sub>1</sub> | ----- | 60 kg/há de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| P <sub>2</sub> | ----- | 120 kg/há " "                             |
| P <sub>3</sub> | ----- | 180 " " " "                               |

El encalado se efectuó el 3/4/78 aplicándose al voleo y enterrándose con una disquera a 25 cm de profundidad.

El 17/5/78 se realizó la fertilización fosfatada y la siembra. Se incorporó el fertilizante al suelo con rastra.

La variedad de alfalfa utilizada fue Estanzuela Chaná, sembrándose en una densidad de 25 kg/há.

Se efectuaron 2 cortes:

1<sup>er</sup> corte el día 23/11/78 y

2<sup>do</sup> corte el día 21/3/79

Al ir a realizarse el 2<sup>do</sup> corte, a principios del mes de febrero, éste había sido pastoreado por los animales accidentalmente. Como consecuencia de ello el lapso transcurrido entre ambos cortes es relativamente excesivo.

El área útil cortada en el 1<sup>er</sup> corte fue de 16,8 m<sup>2</sup> y en el 2<sup>do</sup> corte de 12,88 m<sup>2</sup>, evitándose el efecto borde.

Luego de cosechadas las muestras fueron pesadas inmediatamente.

Se tomaron muestras para determinar materia seca y una sub-muestra compuesta tomada al azar de plantas para su análisis químico posterior.

El material vegetal se seco a estufa, se molió y se realizó el ataque con ácido sulfúrico concentrado completándose la oxidación con Perhidrol.

Se efectuaron los siguientes métodos de análisis químico para determinación de:

N ----- Método de Kjeldahl  
P ----- " " sulfato libdato de amonio  
K ----- Fotometría de llama.

La toma de muestras de suelo se realizaron:

1 ----- al encalar, pre siembra y  
2 ----- al año luego de realizado el 2<sup>do</sup> corte.

La determinación de P en el suelo se realizó por el método de Bray N°1.

Los análisis de pH se realizaron:

1<sup>ro</sup> al encalar, presiembra (3/4/78)  
2<sup>do</sup> 23/11/78: al mismo tiempo que se realizó el primer corte.  
3<sup>ro</sup> 21/3/78 al realizarse el segundo corte.  
4<sup>to</sup> Al año luego de cosechado el cultivo.

Las determinaciones de pH fueron hechas con una relación 2.5 de agua/suelo.

Se realizaron los análisis de varianza correspondientes así como el ajuste de una regresión de materia seca para las variables que resultaron de efecto significativo.

#### Cuadro 1 A

##### Datos analíticos del suelo

|                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| pH en agua .. .. .             | 6.1             |
| pH en $\text{KCl}$ .. .. .     | 5.05            |
| Acidez titulable .. .. .       | 5.25 meq/100 gr |
| Ca intercambiable .. .. .      | 10 meq/100 gr   |
| Mg " .. .. .                   | 5.8 meq/100 gr  |
| P (Bray N°1). .. .. .          | 18 ppm          |
| M.O (Wy Black) .. .. .         | 2.72 %          |
| K (Fotómetro de llama) .. .. . | 0.39 meq/100 gr |

Cuadro 1 B

Características de la caliza.

Análisis físico

| Finura | mm       | mallas  | %    |
|--------|----------|---------|------|
|        | 1-2      | 10-18   | 7,6  |
|        | 0.5-1    | 18-35   | 11,7 |
|        | 0.25-0.5 | 35-60   | 14,1 |
|        | 0.1-0.25 | 60-140  | 29,7 |
|        | 0.05-0.1 | 140-300 | 27,7 |
|        | 0.05     | + 300   | 9,2  |

Análisis químico

% Ca CO<sub>3</sub> ----- 76 % (42.7 % CaO)  
% Mg CO<sub>3</sub> ----- 5% (24 % MgO)  
% Poder neutralizante = 82%

## **Discusión y análisis de los Resultados**

#### IV. DISCUSION Y ANALISIS DE 'LOS RESULTADOS.

##### IV.1 Rendimiento en Materia Seca total en kg/há

Los resultados obtenidos muestran que no hubo respuesta al agregado de cal en el 1<sup>er</sup> corte y 2<sup>do</sup> corte y suma de ambos cortes. Podría pensarse que el pH del suelo era el requerido para el crecimiento normal de la alfalfa. El suelo sin encalar presentó un promedio de pH 5.5.

Los datos obtenidos por Mallarino y col. (50) en un suelo de pH 5.3 y de E. Palgi y L. Vadora de pH 5.5, son dos buenos antecedentes.

En el 1<sup>ro</sup> se obtuvo una gran respuesta al agregado de cal, mientras que en el 2<sup>do</sup> la respuesta fue moderada.

El contenido de Calcio intercambiable presente en el suelo era de 10 meq/100 gr de suelo considerado como suficiente para un crecimiento adecuado de la planta.

En el ensayo de Mallarino y col. (50) y Palgi - Vadora (62) los niveles fueron de 8.8 meq/100 gr de suelo y 9.6 meq/100 gra de suelo respectivamente.

No se obtuvo respuesta al P agregado, en el 1<sup>er</sup> corte pero si muy significativa en el 2<sup>do</sup> corte, manteniéndose en su suma.

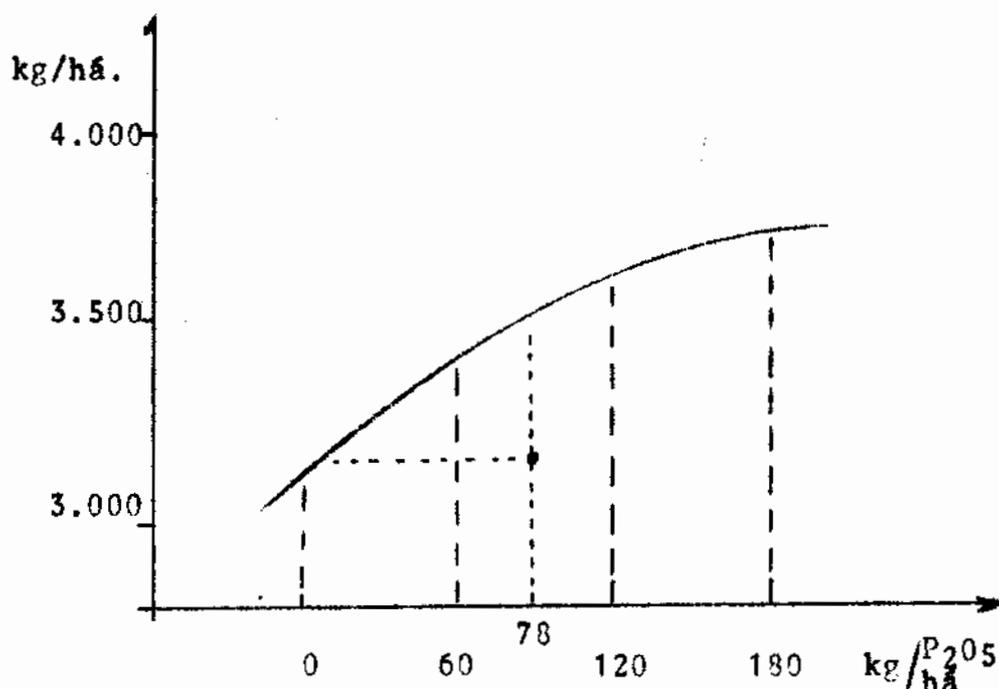
La alta disponibilidad de P inicial (18ppm) considerada como suficiente suplió las necesidades para el 1<sup>er</sup> corte.

Para el 2<sup>do</sup> corte se encontró respuesta significativa al agregado de fósforo lo cual puede ser explicado por una disminución del P nativo debido a la extracción por el primer corte. Lo anterior produce un rendimiento diferencial entre las parcelas sin fertilizar respecto a las fertilizadas, lo cual estaría demostrando que el nivel inicial de 18 ppm no sería suficiente para obtener un adecuado rendimiento en toda la estación de crecimiento.

La falta de significación del primer corte podría ser causada por el enmalecimiento del mismo. Al segundo corte por estar libre de malezas la alfalfa acusó respuesta al agregado de fósforo.

CURVA DE REGRESION EXPONENCIAL PARA LA SUMA DE AMBOS CORTES:

Gráfica N°1



Se ajusta una curva de regresión exponencial a partir del siguiente modelo:

$$y = 3.707,77 - 577,51 \times 0.42 \quad (P/60)$$

El coeficiente de correlación hallado fue de 98.9%, explicaría el agregado de P la mayor parte de la variación.

El 95% del máximo físico posible sería de 3.522.4 kg/há, con una dosis del 78.8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. El Porcentaje de incremento entre 0 kg/há y 78.8 kg/há es de 12.5% y entre 60 kg/há y 78.8 kg/há de 1.65%.

El análisis de varianza de la curva de regresión dio un F de 4.87 que es significativo al 5%, como consecuencia el modelo tiene un buen ajuste.

MATERIA SECA kg/há

Cuadro 2 A

| <u>1<sup>er</sup> corte</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>              | 2.906          | 2.631          | 2.525          | 2.687     |
| P <sub>1</sub>              | 2.672          | 2.636          | 3.028          | 2.779     |
| P <sub>2</sub>              | 2.977          | 1.636          | 3.775          | 3.009     |
| P <sub>3</sub>              | 2.177          | 3.295          | 2.950          | 2.907     |
| $\bar{X}$                   | 2.743          | 2.799,5        | 2.994,5        |           |

| <u>2<sup>do</sup> corte</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>              | 496,1          | 486,6          | 458,7          | 474,5     |
| P <sub>1</sub>              | 417,9          | 576,6          | 521            | 505,2     |
| P <sub>2</sub>              | 567,5          | 567,5          | 632,4          | 589,1     |
| P <sub>3</sub>              | 428,4          | 548,5          | 583,3          | 520,1     |
| $\bar{X}$                   | 477,5          | 540,3          | 548,9          |           |

| <u>Suma de ambos cortes</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>              | 3.402          | 3.099          | 2.983          | 3.161,5   |
| P <sub>1</sub>              | 3.059,9        | 3.207          | 3.549          | 3.284,2   |
| P <sub>2</sub>              | 3.484          | 3.203          | 4.107          | 3.598,1   |
| P <sub>3</sub>              | 2.875          | 3.843          | 3.533          | 3.427,1   |
| $\bar{X}$                   | 3.220,5        | 3.339,8        | 3.543,4        |           |

Análisis de Varianza para Materia Seca en kg/há.

Cuadro 2B

| Fuente de Variación | <u>1<sup>er</sup> corte</u> |            |      | Significación |
|---------------------|-----------------------------|------------|------|---------------|
|                     | G.L.                        | CM         | F    |               |
| Bloque              | 2                           | 1.435.981  |      |               |
| Cal                 | 2                           | 218.145    | 0,29 | NS            |
| E (a)               | 4                           | 738.757,5  |      |               |
| P                   | 3                           | 177.140,66 | 1,12 | NS            |
| Cal x P             | 6                           | 276.569,16 | 2,39 | ++            |
| E (b)               | 18                          |            |      |               |
| Total               | 35                          |            |      |               |

| Fuente de Variación | <u>2<sup>do</sup> corte</u> |           |       | Significación |
|---------------------|-----------------------------|-----------|-------|---------------|
|                     | G.L.                        | CM        | F     |               |
| Bloque              | 2                           | 20.759,24 |       |               |
| Cal                 | 2                           | 16.469,33 | -0,34 | NS            |
| E (a)               | 4                           | 47.275,66 |       |               |
| P                   | 3                           | 1.083.791 | 8,38  | ++++          |
| Cal x P             | 6                           | 22.681,41 | 1,8   | NS            |
| E (b)               | 18                          |           |       |               |
| Total               | 35                          |           |       |               |

| <u>Suma de ambos cortes:</u> |      |            |      |               |
|------------------------------|------|------------|------|---------------|
| Fuente de Variación          | G.L. | CM         | F    | Significación |
| Bloques                      | 2    | 1.636.051  |      |               |
| Cal                          | 2    | 342.019,5  | 0,39 | NS            |
| E (a)                        | 4    | 867.605,5  |      |               |
| P                            | 3    | 574.706,33 |      |               |
| Cal x P                      | 6    | 383.555,5  | 3,31 | ++            |
| E (b)                        | 18   | 173.543,94 | 2,21 | +             |
| Total                        | 35   |            |      |               |

Significación de las F 1 % +++++ 5 % +++ 10% ++ 20% +  
 calculados para: cal, fósforo y cal x fósforo.

## IV.2 Efecto del encalado y la fertilización fosfatada en el P absorbido.

### IV.2.1 Porcentaje de fósforo.

Los datos muestran que en el primer corte y segundo corte no fue significativo el agregado de cal. Habiendo respuesta al agregado de P en el segundo corte al 10%. Los resultados se explicarían de forma semejante que para Materia Seca, aunque hubo cierta tendencia a aumentar para el agregado de cal.

El modelo empleado de Parcelas subdivididas dispuestas en Bloques al azar, determinado por la variable cal determina la pérdida de grados de libertad. Para obtener resultados significativos a cal debe apartarse marcadamente de la media.

Comparando los resultados con los de Mallarino y col. (50) y Palgi-Vadora (62) podría pensarse que la poca respuesta obtenida al P era por su alto nivel inicial de 18 ppm. Frente al primero cuyo nivel inicial fue de 8.3 ppm, en que se constató una alta respuesta al agregado de P. Y en el segundo en que los niveles iniciales promedios del suelo fueron de 7.6 ppm. Los autores citados encontraron que el porcentaje de fósforo en planta era afectado por los niveles de Cal y P agregados aumentando el P absorbido.

Los datos de fósforo inicial para Mallarino y col. (50) dan cifras menores en el porcentaje de P absorbido por la planta ( $\bar{X}=0.243$ ) frente a los de Juanicó que dan un promedio de 0.295.

Bianco y Loza (comunicación personal) hallaron un modelo cuadrático de regresión. El coeficiente de regresión explicó el 24% de la variación siendo estadísticamente significativo.

El máximo de rendimiento físico estaría en un contenido de fósforo absorbido de 0.26% pero que en 0.24% se obtiene el 90% del rendimiento físico máximo y en 0.22 el 80%. Proponiendo que en todo el ciclo del cultivo los valores adecuados estarían entre 0.24% y 0.26%

Los valores propuestos por los autores anteriores fueron superados en este ensayo ( $\bar{X}$  = 0.295), no limitando el crecimiento.

Los resultados del análisis del 1<sup>er</sup> corte son mayores que los del 2<sup>do</sup> corte. Probablemente fue la sequía de los meses de verano y otoño <sup>que</sup> influyo en la disponibilidad de fósforo en el suelo, lo que disminuyó el fósforo en la planta (Thompson)

#### IV.2.2; Fósforo Total en planta

Los resultados de fósforo total fueron significativos al 20% al agregado de P en el 1<sup>er</sup> corte y al 1% en el 2<sup>do</sup> corte, perdiendo significación en la suma de ambos cortes.

En el 2<sup>do</sup> corte concuerdan con los datos de materia seca. Ya que no hubo significación en el porcentaje de P. Los resultados estarían afectados por la producción de Materia seca.

No hubo respuesta al agregado de cal pero se observa cierta tendencia a aumentar con la dosis de cal.

Cuadro 3A. Porcentaje de Fósforo en la planta:

| <u>1<sup>er</sup> corte:</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>               | 0.28           | 0.42           | 0.30           | 0.33      |
| P <sub>1</sub>               | 0.29           | 0.29           | 0.33           | 0.30      |
| P <sub>2</sub>               | 0.29           | 0.36           | 0.32           | 0.32      |
| P <sub>3</sub>               | 0.27           | 0.34           | 0.27           | 0.29      |
| $\bar{X}$                    | 0.28           | 0.35           | 0.31           |           |

| <u>2<sup>do</sup> corte:</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>               | 0.26           | 0.27           | 0.26           | 0.26      |
| P <sub>1</sub>               | 0.29           | 0.29           | 0.29           | 0.29      |
| P <sub>2</sub>               | 0.26           | 0.26           | 0.26           | 0.26      |
| P <sub>3</sub>               | 0.26           | 0.28           | 0.29           | 0.28      |
| $\bar{X}$                    | 0.17           | 0.28           | 0.28           |           |

Cuadro 3 B Análisis de Varianza para Porcentaje de Fósforo en planta.

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>1<sup>er</sup> corte</u> |            | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-----------------------------|------------|----------|----------------------|
|                            | <u>G.L.</u>                 | <u>CM</u>  |          |                      |
| Bloque                     | 2                           | 0.00055277 |          |                      |
| Cal                        | 2                           | 0.00163611 | 0.6167   |                      |
| E (a)                      | 4                           | 0.00265278 |          |                      |
| P                          | 3                           | 0.00125185 |          |                      |
| Cal x P                    | 6                           | 0.00169907 | 1.0755   |                      |
| E (b)                      | 18                          | 0.00116388 | 1.4598   |                      |
| Total                      | 35                          |            |          |                      |

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>2<sup>do</sup> corte</u> |            | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-----------------------------|------------|----------|----------------------|
|                            | <u>G.L.</u>                 | <u>CM</u>  |          |                      |
| Bloque                     | 2                           |            |          |                      |
| Cal                        | 2                           | 0.00011944 | 0.2436   |                      |
| E (a)                      | 4                           | 0.00049027 |          |                      |
| P                          | 3                           | 0.00185185 |          |                      |
| Cal x P                    | 6                           | 0.00185185 | 2.8653   | ++                   |
| E (b)                      | 18                          | 0.00064629 | 0.1962   |                      |
| Total                      | 35                          |            |          |                      |

Significación de los F 1% ++++ 5% +++ 10% ++ 20% +  
 calculados para: cal, fósforo y cal x fósforo.

**Cuadro 3 C** Análisis de Varianza de Fósforo Total en planta:

1<sup>er</sup> corte

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>CM</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|-----------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 14,63     |          |                      |
| Cal                        | 2           | 19,89     | 2,09     |                      |
| E (a)                      | 4           | 9,49      |          |                      |
| P                          | 3           | 7,74      |          |                      |
| Cal x P                    | 6           | 3,09      | 2,21     | +                    |
| E (b)                      | 18          | 3,49      | 0,88     |                      |
| Total                      | 35          |           |          |                      |

2<sup>do</sup> corte

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>CM</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|-----------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 0,3065    |          |                      |
| Cal                        | 2           | 0,9345    | 0,65     |                      |
| E (a)                      | 4           | 1,5193    |          |                      |
| P                          | 3           | 3,8704    |          |                      |
| Cal x P                    | 6           | 0,3494    | 5,94     | ++++                 |
| E (b)                      | 18          | 0,652     | 0,54     |                      |
| Total                      | 35          |           |          |                      |

Suma de ambos cortes

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>CM</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|-----------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 23        |          |                      |
| Cal                        | 2           | 12,14     | 0,57     |                      |
| E (a)                      | 4           | 21,5      |          |                      |
| P                          | 3           | 4,5       | 0,68     |                      |
| Cal x P                    | 6           | 7,65      | 1,16     |                      |
| E (b)                      | 18          | 6,54      |          |                      |
| Total                      | 35          |           |          |                      |

Significación: 1% ++++ 5% +++ 10% ++ 20% +  
calculados para cal, fósforo y cal x fósforo.

Cuadro 3 D

Fósforo total kg/há en planta.

| <u>1<sup>er</sup> corte</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>              | 7.97           | 9.12           | 8.43           | 8.51      |
| P <sub>1</sub>              | 7.50           | 8.81           | 8.55           | 8.29      |
| P <sub>2</sub>              | 8.26           | 8.29           | 12.21          | 9.59      |
| P <sub>3</sub>              | 6.50           | 10.08          | 8.80           | 8.46      |
| $\bar{X}$                   | 7.56           | 9.08           | 9.50           |           |

2<sup>do</sup> corte

|                | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub> | 4.93           | 2.39           | 2.12           | 2.14      |
| P <sub>1</sub> | 2.39           | 3.13           | 3.38           | 2.97      |
| P <sub>2</sub> | 2.96           | 2.99           | 3.22           | 3.06      |
| P <sub>3</sub> | 3.15           | 3.04           | 3.36           | 3.18      |
| $\bar{X}$      | 2.61           | 2.89           | 3.02           |           |

Suma de ambos cortes:

|                | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub> | 9.9            | 11.51          | 10.55          | 10.65     |
| P <sub>1</sub> | 9.89           | 11.94          | 11.93          | 11.25     |
| P <sub>2</sub> | 11.22          | 11.28          | 15.43          | 12.64     |
| P <sub>3</sub> | 9.65           | 13.12          | 12.16          | 11.64     |
| $\bar{X}$      | 10.17          | 11.96          | 12.52          |           |

### IV.3 Efecto del encalado y la fertilización fosfatada en el N absorbido.

#### IV.3.1 Porcentaje de nitrógeno en planta.

Los resultados muestran que no hubo respuesta significativa al encalado en el porcentaje de nitrógeno en la planta. Mallarino y col. no obtuvieron significación en el primer corte pero si en el segundo y tercero a un nivel del 5%.

La cal favorecería el aporte de nitrógeno simbióticamente pero de acuerdo a los resultados parecería que no estuviese lejano al pH requerido para una adecuada modulación. En lo anterior podemos afirmar que no se obtuvo respuesta clara al encalado. Tampoco se obtuvo respuesta al agregado de fósforo, por el posible nivel alto inicial del suelo ya indicado como suficiente.

Mallarino y col.(50) comprobaron que el porcentaje de nitrógeno de la alfalfa fue incrementándose por los niveles de cal no encontrando efecto de la aplicación de fósforo.

Las cifras promedio obtenidas de ambos cortes fue de 2,3% al igual que el Ensayo de Mallarino y col., Los de Palgi y Vadora fueron menores 1,88%.

#### IV.3.2 Nitrógeno total:

El efecto Cal no fue significativo en ninguno de los cortes ni su suma. El efecto Cal x P fue significativo al 5% en el primer corte y en su suma. En el segundo éste no fue significativo pero sí hubo respuesta a la fertilización fosfatada. Podría pensarse que hubo efecto Ca x P en la absorción de nitrógeno pero no en los porcentajes de nitrógeno encontrados en la planta ya que no fueron significativos. Afectando el resultado de los datos la cantidad de materia seca producida al igual que para fósforo y potasio.

Cuadro 4 APorcentaje de Nitrógeno en planta1<sup>er</sup> corte

|           | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $\bar{X}$ |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| $P_0$     | 2.71  | 1.97  | 2.50  | 2.73      |
| $P_1$     | 2.52  | 2.49  | 2.96  | 2.66      |
| $P_2$     | 2.58  | 2.72  | 2.77  | 2.69      |
| $P_3$     | 2.34  | 2.96  | 2.63  | 2.66      |
| $\bar{X}$ | 2.54  | 2.79  | 2.72  |           |

2<sup>do</sup> corte

|           | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $\bar{X}$ |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| $P_0$     | 2.72  | 2.66  | 2.95  | 2.78      |
| $P_1$     | 2.65  | 2.98  | 2.95  | 2.86      |
| $P_2$     | 2.92  | 2.98  | 2.83  | 2.91      |
| $P_3$     | 2.71  | 2.91  | 2.97  | 2.86      |
| $\bar{X}$ | 2.75  | 2.88  | 2.93  |           |

Cuadro 4 B

Análisis de Varianza para porcentaje de Nitrógeno en planta.

1<sup>er</sup> corte

| <u>Fuente de variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>C M</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|------------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 0.0121     |          |                      |
| Cal                        | 2           | 0.1818     | 1.7086   |                      |
| E (a)                      | 4           | 0.1064     |          |                      |
| P                          | 3           | 0.0140     | 0.0584   |                      |
| Cal x P                    | 6           | 0.1594     | 0.6655   |                      |
| E (b)                      | 18          | 0.2395     |          |                      |
| Total                      | 35          |            |          |                      |

2<sup>do</sup> corte

| <u>Fuente de variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>C M</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|------------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 0.0174     |          |                      |
| Cal                        | 2           | 0.0994     | 1.1491   |                      |
| E (a)                      | 4           | 0.0865     |          |                      |
| P                          | 3           | 0.0258     | 0.4050   |                      |
| Cal x P                    | 6           | 0.0474     | 0.7452   |                      |
| E(b)                       | 18          | 0.0636     |          |                      |
| Total                      | 35          |            |          |                      |

Significación de las F: 1% ++++ 5% +++ 10% ++ 20% +  
calculadas para cal, fósforo y cal x fósforo.

Quadro 4 C: N total absorvido por la planta kg/há.

| <u>1<sup>er</sup> corte</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>              | 79.30          | 76.78          | 58.64          | 71.57     |
| P <sub>1</sub>              | 65.57          | 73.69          | 77.90          | 72.39     |
| P <sub>2</sub>              | 73.67          | 60.12          | 109.21         | 81        |
| P <sub>3</sub>              | 55.22          | 94.71          | 76.41          | 75.45     |
| $\bar{X}$                   | 68.44          | 76.33          | 80.54          |           |

| <u>2<sup>do</sup> corte</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>              | 10.06          | 12.05          | 11.73          | 11.28     |
| P <sub>1</sub>              | 11.09          | 15.96          | 16.91          | 14.53     |
| P <sub>2</sub>              | 16.50          | 16.56          | 17.87          | 16.98     |
| P <sub>3</sub>              | 16.39          | 16.33          | 17.36          | 16.69     |
| $\bar{X}$                   | 13.51          | 15.23          | 15.97          |           |

Suma de ambos cortes

|                | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub> | 83.96          | 88.83          | 60.37          | 77.72     |
| P <sub>1</sub> | 76.66          | 89.65          | 94.8           | 87.04     |
| P <sub>2</sub> | 90.17          | 76.68          | 117.08         | 94.64     |
| P <sub>3</sub> | 71.61          | 111.04         | 93.77          | 92.14     |
| $\bar{X}$      | 80.6           | 91.55          | 91.51          |           |

Cuadro 4 D

Análisis de Varianza para Nitrógeno total en planta:

1<sup>er</sup> corte

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>C M</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|------------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 1.210,97   |          |                      |
| Cal                        | 2           | 450,27     | 0,44     |                      |
| E (a)                      | 4           | 1.012,22   |          |                      |
| P                          | 3           | 162,64     | 0,56     |                      |
| Cal x P                    | 6           | 1.049,3    | 3,61     | +++                  |
| E (b)                      | 18          |            |          |                      |
| Total                      | 35          |            |          |                      |

2<sup>do</sup> corte

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>C M</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|------------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 11,52      |          |                      |
| Cal                        | 2           | 43,70      | 0,84     |                      |
| E (a)                      | 4           | 51,82      |          |                      |
| P                          | 3           | 130,11     | 6,93     | ++++                 |
| Cal x P                    | 6           | 10,60      | 0,57     |                      |
| E (b)                      | 18          |            |          |                      |
| Total                      | 35          |            |          |                      |

Suma de ambos cortes

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>C M</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|------------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 1.372,65   |          |                      |
| Cal                        | 2           | 791,17     | 0,6      |                      |
| E (a)                      | 4           | 1.314,83   |          |                      |
| P                          | 3           | 506,58     | 1,4      |                      |
| Cal x P                    | 6           | 1.077,7    | 2,98     | +++                  |
| E (b)                      | 18          | 360,64     |          |                      |
| Total                      | 35          |            |          |                      |

Significación de los F: 1% ++++ 5% +++ 10% ++ 20% +

Calculados para cal, fósforo y cal x fósforo.

#### IV.4 Efecto de encalado y la fertilización fosfatada en el Potasio absorbido.

##### IV.4.1 Porcentaje de Potasio en planta.

Los resultados no fueron significativos ni en el primer corte ni en el segundo corte al agregado de cal, al agregado de fósforo y tampoco al efecto Cal x P. Indicaría que el suelo posee suficientes cantidades de potasio como para cubrir las necesidades del cultivo.

Mallarino y col. (50) dan un porcentaje de 1.4 a 1.6 como requerido para el crecimiento del cultivo. Martin y Matocha (51) de 1,7%. En Juanicó el promedio es de 1.9%, satisfaciendo los niveles anteriormente citados.

##### IV.4.2 Potasio total en planta.

En el primer corte no hubo significación al agregado de cal al igual que el segundo corte. Los mismos resultados para el efecto Cal . P.

Al agregado de fósforo se obtuvo repuesta al 5% concordando los datos con los resultados en Materia Seca.

Cuadro 5 APorcentaje de Potásio en planta:1<sup>er</sup> corte

|           | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $\bar{X}$ |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| $P_0$     | 1,7   | 1,7   | 1,3   | 1,6       |
| $P_1$     | 1,8   | 1,7   | 1,6   | 1,7       |
| $P_2$     | 1,6   | 1,6   | 1,8   | 1,7       |
| $P_3$     | 1,6   | 1,8   | 1,6   | 1,7       |
| $\bar{X}$ | 1,7   | 1,7   | 1,6   |           |

2<sup>do</sup> corte

|           | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $\bar{X}$ |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| $P_0$     | 1,9   | 2,1   | 2,1   | 2,0       |
| $P_1$     | 2,0   | 2,0   | 2,0   | 2,0       |
| $P_2$     | 2,1   | 2,0   | 2,0   | 2,1       |
| $P_3$     | 1,9   | 2,1   | 2,0   | 2,0       |
| $\bar{X}$ | 2,0   | 2,0   | 2,0   |           |

Cuadro 5 B

Análisis de Varianza para Porcentaje de Potasio:

1<sup>er</sup> corte

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>C M</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|------------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 0,1274     |          |                      |
| Cal                        | 2           | 0,0564     | 2,01     |                      |
| E (a)                      | 4           | 0,028      |          |                      |
| P                          | 3           | 0,028      | 0,5857   |                      |
| Cal x P                    | 6           | 0,0549     | 1,15     |                      |
| E (b)                      | 18          | 0,0478     |          |                      |
| Total                      | 35          | 0,0478     |          |                      |

2<sup>do</sup> corte

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G.L.</u> | <u>C M</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|-------------|------------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2           | 0,2401     |          |                      |
| Cal                        | 2           | 0,0116     | 0,76     |                      |
| E (a)                      | 4           | 0,0153     |          |                      |
| P                          | 3           | 0,0117     | 0,42     |                      |
| Cal x P                    | 6           | 0,0113     | 0,41     |                      |
| E (b)                      | 18          | 0,0277     |          |                      |
| Total                      | 35          |            |          |                      |

Significación de las F 1% ++++ 5% +++ 10% ++ 20% +  
calculados para fósforo, cal y cal x fósforo.

Cuadro 5CPotasio total en planta1<sup>er</sup> corte

|           | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $\bar{X}$ |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| $P_0$     | 4,96  | 4,29  | 3,19  | 4,15      |
| $P_1$     | 4,65  | 4,40  | 4,61  | 4,55      |
| $P_2$     | 4,49  | 4,11  | 5,9   | 4,83      |
| $P_3$     | 3,86  | 5,80  | 4,81  | 4,81      |
| $\bar{X}$ | 4,49  | 4,65  | 4,63  |           |

2<sup>do</sup> corte

|           | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $\bar{X}$ |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| $P_0$     | 0,71  | 0,93  | 0,81  | 0,82      |
| $P_1$     | 0,81  | 1,13  | 1,16  | 1,07      |
| $P_2$     | 1,20  | 1,18  | 1,26  | 1,21      |
| $P_3$     | 1,16  | 1,14  | 1,14  | 1,15      |
| $\bar{X}$ | 0,97  | 1,10  | 1,10  |           |

Sumá de ambos cortes

|           | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $\bar{X}$ |
|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| $P_0$     | 5,67  | 5,22  | 4,00  | 4,97      |
| $P_1$     | 5,46  | 5,53  | 5,77  | 5,62      |
| $P_2$     | 5,69  | 5,29  | 7,16  | 6,04      |
| $P_3$     | 5,02  | 6,94  | 5,95  | 5,97      |
| $\bar{X}$ | 5,46  | 5,75  | 5,73  |           |

Cuadro 5 D

Análisis de Varianza para Potasio total en planta.

1<sup>er</sup> corte

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G. L.</u> | <u>C M</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|--------------|------------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2            | 2,4498     |          |                      |
| Cal                        | 2            | 0,0869     | 0,1012   |                      |
| E (a)                      | 4            | 0,8580     |          |                      |
| P                          | 3            | 0,9341     | 0,5515   |                      |
| Cal x P                    | 6            | 0,8166     | 0,4821   |                      |
| E (b)                      | 18           | 1,6936     |          |                      |
| Total                      | 35           |            |          |                      |

2<sup>do</sup> corte

| <u>Fuente de Variación</u> | <u>G. L.</u> | <u>C M</u> | <u>F</u> | <u>Significación</u> |
|----------------------------|--------------|------------|----------|----------------------|
| Bloque                     | 2            | 0,0391     |          |                      |
| Cal                        | 2            | 0,0537     | 0,9981   |                      |
| E (a)                      | 4            | 0,0538     |          |                      |
| P                          | 3            | 0,2855     | 4,9054   | +++                  |
| Cal x P                    | 6            | 0,0322     | 0,5532   |                      |
| E (b)                      | 18           | 0,0532     |          |                      |
| Total                      | 35           |            |          |                      |

Significación de las F 1% ++++ 5% +++ 10% ++ 20% +

) Calculado para cal, fósforo y cal x fósforo.

#### IV.5 Efecto del encalado en el pH del suelo.

##### IV.5.1 pH

Los datos del suelo en las distintas muestras son bastante semejantes, no habiendo diferencias muy notorias. Existiendo pequeñas variaciones entre las dosis de cal.

Las reacciones de la caliza en el suelo dependen de las características de esta así como la forma y anticipación de su aplicación y del tipo de suelo. Evidentemente que en este suelo, en el primer año de instalado el ensayo, la reacción ha sido poca o presumiblemente lenta. Generalmente (Thompson, 81) el pH de suelo no pueda ser corregido hasta después de un año de aplicación de la caliza.

Los cambios en pH se verán amortizados por el poder buffer que posea el suelo, regulado por las posiciones de intercambio dependiente del pH. Afectados por la calidad y cantidad de material que posea el suelo y aquellos que posean mayor cic, tenderán a mantener el pH (89).

El pH alcanzado en la siembra no fue superado en los muestreos posteriores. En cambio en el Ensayo de S°Ramón sucedió lo inverso, recomendándose encalar el suelo antes de la siembra.

Cuadro 6 A. pH del suelo

| Siembra        | I   | II  | III | $\bar{X}$ |
|----------------|-----|-----|-----|-----------|
| C <sub>0</sub> | 5,4 | 5,6 | 5,6 | 5,52      |
| C <sub>1</sub> | 5,6 | 6,4 | 5,9 | 5,96      |
| C <sub>2</sub> | 6   | 6,1 | 6,1 | 6,6       |

| <u>1<sup>er</sup> corte</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>              | 5,57           | 6,03           | 6,1            | 5,9       |
| P <sub>1</sub>              | 5,75           | 5,9            | 6,2            | 5,95      |
| P <sub>2</sub>              | 5,57           | 5,8            | 6,1            | 5,82      |
| P <sub>3</sub>              | 5,6            | 5,87           | 5,9            | 5,79      |
| $\bar{X}$                   | 5,62           | 5,9            | 6,08           |           |

| <u>2<sup>do</sup> corte</u> | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub>              | 5,8            | 6,1            | 6,3            | 6,07      |
| P <sub>1</sub>              | 5,8            | 6,2            | 6,2            | 6,07      |
| P <sub>2</sub>              | 5,8            | 6,1            | 6,3            | 6,07      |
| P <sub>3</sub>              | 5,9            | 5,9            | 6,3            | 6,03      |
| $\bar{X}$                   | 5,83           | 6,08           | 6,28           |           |

| <u>Al año</u>  | C <sub>0</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | $\bar{X}$ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| P <sub>0</sub> | 5,66           | 6,1            | 6,2            | 6,0       |
| P <sub>1</sub> | 5,9            | 6,2            | 6,3            | 6,1       |
| P <sub>2</sub> | 5,9            | 5,9            | 6,2            | 6,0       |
| P <sub>3</sub> | 5,9            | 6,1            | 6,2            | 6,1       |
| $\bar{X}$      | 5,9            | 6,1            | 6,3            |           |

#### IV.6 Efecto del P disponible en el suelo.

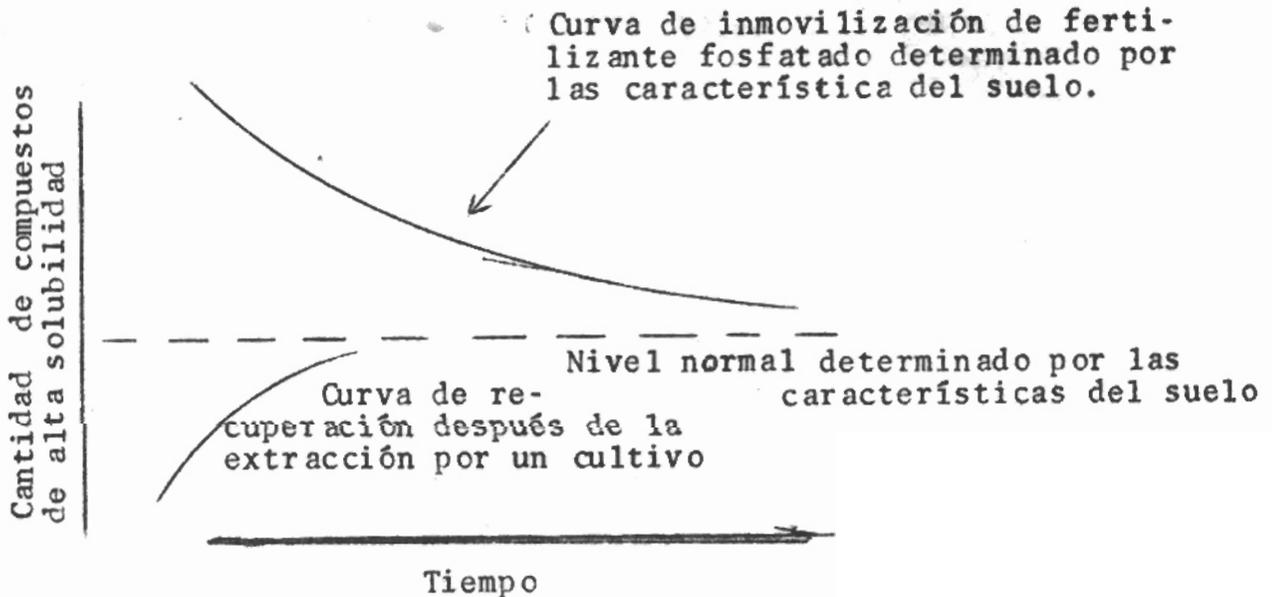
##### IV.6.1 P disponible.

Los análisis de siembra, previa a la fertilización fosfatada dan niveles altos en el suelo (18 ppm). Al año el P disponible disminuye.

En cada nivel de cal con el agregado de P (salvo  $C_1$ ) aumenta la disponibilidad de P. Llegando en  $P_3$  casi a los niveles iniciales del suelo. Lo que concuerda con los ensayos de Mallarino y col. (50) y la Tesis de E. Palgi y L. Vadora (62).

La disminución de las concentraciones entre siembra y al año podrían ser causada por las extracciones al cosechar y por inmovilización.

L. Castro (18) estudió la incidencia de la inmovilización en varios ensayos de Estanzuela, en gramíneas y leguminosas. Sostiene que el P agregado pase a formas insolubles muy rápidamente, dependiendo de las características del suelo, pH, saturación en bases, textura y actividad de cationes Al Ca Fe.



La tendencia observada por L. Castro (18) en la disminución de fósforo disponible no es tan clara en este suelo aunque los valores disminuyen entre la siembra y la cosecha. En los próximos años de este ensayo podrán apreciarse resultados más claros que en el primer año de implantación del mismo.

Cuadro 7.A

Fósforo disponible en el suelo (Bray N°1) (ppm)

| <u>Siembra</u> | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $\bar{X}$ |
|----------------|-------|-------|-------|-----------|
|                | 16,77 | 20,75 | 16,72 | 18,08     |
| <u>Al año</u>  |       |       |       |           |
|                | $C_0$ | $C_1$ | $C_2$ | $\bar{X}$ |
| $P_0$          | 13,34 | 16,75 | 12,48 | 14,19     |
| $P_1$          | 14,43 | 9,63  | 13,57 | 12,54     |
| $P_2$          | 16,15 | 15,14 | 14,08 | 15,12     |
| $P_3$          | 16,11 | 14,95 | 22,45 | 17,84     |
| $\bar{X}$      | 15,01 | 14,12 | 15,65 |           |



## V. CONCLUSIONES.

De los resultados expuestos y de la discusión precedente se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Para el agregado de cal no se obtuvo respuesta significativa, ni en producción de materia seca, ni en nutrientes totales; ni en el porcentaje de los mismos.

- En la producción de materia seca no hubo respuesta al agregado de fósforo en el primer corte, si lo hubo en el segundo corte, manteniéndose en su suma.

- Los datos de nutrientes totales con respecto a la fertilización con fósforo estarían relacionados con los resultados de los kgr/há de materia seca producida y no con los porcentajes de nutrientes puesto que no presentaron diferencias significativas.

El porcentaje de nutrientes absorbidos por la planta alcanzó y superó en algunos casos, los niveles requeridos por la alfalfa ( $P \bar{X} = 0.295\%$ ;  $N \bar{X} = 2.765\%$ ;  $K = 1.84\%$ ).

La evolución de P disponible en el suelo tiende a disminuir lo que sería normal. Tanto por el P agregado como para P inicial; sin fertilizar. Las causas más importantes fueron: remoción por el cultivo e inmovilización por el suelo. Aunque la disminución no fue muy acentuada.

En el pH no se observan variaciones sustanciales ni entre las dosis de cal (aunque hay un pequeño aumento) ni entre el tiempo transcurrido. Presumiblemente justificado por el poder Buffer del suelo.



VI. APENDICE.

|                 |                | <u>1<sup>er</sup> año</u> |       |       | <u>1<sup>er</sup> corte</u> |       |       | <u>Materia Seca 28%</u> |  |  |
|-----------------|----------------|---------------------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------------------------|--|--|
|                 |                | <u>Materia Seca kg/há</u> |       |       | <u>P. T en planta</u>       |       |       |                         |  |  |
|                 |                | I                         | II    | III   | I                           | II    | III   |                         |  |  |
| pH <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> | 2.400                     | 3.650 | 2.466 | 6.84                        | 10.64 | 6.42  |                         |  |  |
|                 | P <sub>1</sub> | 2.600                     | 3.025 | 2.191 | 7.13                        | 8.72  | 6.66  |                         |  |  |
|                 | P <sub>2</sub> | 2.600                     | 3.183 | 2.766 | 6.21                        | 10.76 | 7.80  |                         |  |  |
|                 | P <sub>3</sub> | 2.541                     | 2.575 | 2.025 | 5.99                        | 7.42  | 6.09  |                         |  |  |
| pH <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> | 3.608                     | 2.308 | 1.775 | 10.4                        | 8.16  | 8.80  |                         |  |  |
|                 | P <sub>1</sub> | 2.683                     | 2.433 | 2.591 | 9.65                        | 9.88  | 6.91  |                         |  |  |
|                 | P <sub>2</sub> | 2.375                     | 2.650 | 2.683 | 8.84                        | 7.89  | 8.15  |                         |  |  |
|                 | P <sub>3</sub> | 3.483                     | 2.950 | 3.250 | 11.55                       | 6.58  | 12.09 |                         |  |  |
| pH <sub>3</sub> | P <sub>0</sub> | 3.200                     | 2.666 | 1.508 | 9.23                        | 12.48 | 4.58  |                         |  |  |
|                 | P <sub>1</sub> | 3.691                     | 2.341 | 1.850 | 11.33                       | 6.03  | 8.30  |                         |  |  |
|                 | P <sub>2</sub> | 4.350                     | 3.316 | 2.558 | 15.51                       | 13.67 | 7.46  |                         |  |  |
|                 | P <sub>3</sub> | 3.491                     | 2.991 | 2.166 | 11.15                       | 9.27  | 5.98  |                         |  |  |

% P en planta

1970-71

% P en planta

N.T. en planta

|                | I    | II   | III  | I      | II     | III    |
|----------------|------|------|------|--------|--------|--------|
| P <sub>0</sub> | 0.29 | 0.29 | 0.26 | 67.60  | 120.81 | 49.51  |
| P <sub>1</sub> | 0.27 | 0.29 | 0.30 | 52.18  | 82.01  | 62.51  |
| P <sub>2</sub> | 0.24 | 0.34 | 0.28 | 69.58  | 85.18  | 66.24  |
| P <sub>3</sub> | 0.24 | 0.29 | 0.30 | 57.28  | 53.49  | 54.90  |
| P <sub>0</sub> | 0.29 | 0.24 | 0.25 | 104.18 | 61.77  | 64.37  |
| P <sub>1</sub> | 0.36 | 0.26 | 0.27 | 85.98  | 74.88  | 60.23  |
| P <sub>2</sub> | 0.37 | 0.31 | 0.30 | 61.05  | 53.18  | 66.14  |
| P <sub>3</sub> | 0.33 | 0.31 | 0.30 | 96.89  | 83.10  | 104.13 |
| P <sub>0</sub> | 0.26 | 0.35 | 0.30 | 74.36  | 63.85  | 37.71  |
| P <sub>1</sub> | 0.31 | 0.31 | 0.29 | 105.05 | 45.35  | 83.19  |
| P <sub>2</sub> | 0.36 | 0.30 | 0.29 | 151.63 | 103.93 | 72.06  |
| P <sub>3</sub> | 0.32 | 0.22 | 0.28 | 89.75  | 85.32  | 54.16  |

1<sup>er</sup> año1<sup>er</sup> corteMateria Seca 28%.% N en plantaK.T. en planta

|                 |                | I    | II   | III  | I    | II   | III  |
|-----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|
| pH <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> | 2.82 | 3.31 | 2.01 | 3.93 | 7.40 | 3.56 |
|                 | P <sub>1</sub> | 2.00 | 2.71 | 2.85 | 4.06 | 6.13 | 3.76 |
|                 | P <sub>2</sub> | 2.68 | 2.68 | 2.39 | 4.77 | 3.85 | 4.86 |
|                 | P <sub>3</sub> | 2.25 | 2.08 | 2.71 | 4.06 | 3.82 | 3.71 |
| pH <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> | 2.89 | 2.39 | 3.62 | 5.91 | 4.05 | 2.91 |
|                 | P <sub>1</sub> | 3.20 | 1.94 | 2.3  | 4.71 | 4.46 | 4.04 |
|                 | P <sub>2</sub> | 2.57 | 3.13 | 2.46 | 2.87 | 4.96 | 4.50 |
|                 | P <sub>3</sub> | 2.78 | 2.85 | 3.20 | 5.30 | 5.64 | 6.46 |
| pH <sub>3</sub> | P <sub>0</sub> | 2.32 | 2.68 | 2.50 | 3.99 | 3.33 | 2.24 |
|                 | P <sub>1</sub> | 2.85 | 3.10 | 2.90 | 5.33 | 3.84 | 4.67 |
|                 | P <sub>2</sub> | 3.49 | 2.01 | 2.82 | 6.62 | 6.47 | 4.59 |
|                 | P <sub>3</sub> | 2.57 | 2.82 | 2.50 | 4.90 | 5.73 | 3.80 |

K % en planta

|                 |                | I    | II   | III  |
|-----------------|----------------|------|------|------|
| pH <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> | 1.64 | 2.03 | 1.44 |
|                 | P <sub>1</sub> | 1.56 | 2.03 | 2.72 |
|                 | P <sub>2</sub> | 1.83 | 1.21 | 1.76 |
|                 | P <sub>3</sub> | 1.60 | 1.48 | 1.83 |
| pH <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> | 1.64 | 1.76 | 1.64 |
|                 | P <sub>1</sub> | 1.76 | 1.83 | 1.56 |
|                 | P <sub>2</sub> | 1.21 | 1.87 | 1.69 |
|                 | P <sub>3</sub> | 1.52 | 1.91 | 1.99 |
| pH <sub>3</sub> | P <sub>0</sub> | 1.25 | 1.25 | 1.48 |
|                 | P <sub>1</sub> | 1.44 | 1.64 | 1.64 |
|                 | P <sub>2</sub> | 1.52 | 1.95 | 1.79 |
|                 | P <sub>3</sub> | 1.40 | 1.72 | 1.76 |

1<sup>er</sup> año2<sup>do</sup> corteMateria Seca 41,88%Materia Seca kg/háP T en planta

|                 |                | I      | II     | III    | I    | II   | III  |
|-----------------|----------------|--------|--------|--------|------|------|------|
| pH <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> | 542,27 | 656,82 | 260,13 | 2,35 | 3,74 | 1,47 |
|                 | P <sub>1</sub> | 435,97 | 757,62 | 438,97 | 2,51 | 4,61 | 2,22 |
|                 | P <sub>2</sub> | 796,64 | 708,85 | 715,35 | 4,10 | 3,92 | 3,55 |
|                 | P <sub>3</sub> | 849,19 | 796,64 | 803,15 | 4,35 | 3,95 | 4,47 |
| pH <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> | 526,76 | 738,11 | 490,00 | 2,48 | 4,25 | 2,82 |
|                 | P <sub>1</sub> | 842,16 | 686,09 | 692,59 | 4,83 | 4,04 | 4,03 |
|                 | P <sub>2</sub> | 819,40 | 816,15 | 585,29 | 4,70 | 4,05 | 2,94 |
|                 | P <sub>3</sub> | 770,63 | 572,28 | 572,28 | 4,17 | 3,66 | 4,78 |
| pH <sub>3</sub> | P <sub>0</sub> | 643,82 | 156,88 | 634,06 | 3,42 | 1,18 | 3,69 |
|                 | P <sub>1</sub> | 715,82 | 630,81 | 894,16 | 4,17 | 3,5  | 5,58 |
|                 | P <sub>2</sub> | 832,41 | 825,91 | 816,15 | 4,71 | 4,1  | 3,84 |
|                 | P <sub>3</sub> | 949,47 | 621,06 | 842,16 | 5,26 | 3,95 | 4,03 |

|                 |                | <u>% P en planta</u> |      |      | <u>N T en planta</u> |       |       |
|-----------------|----------------|----------------------|------|------|----------------------|-------|-------|
|                 |                | I                    | II   | III  | I                    | II    | III   |
| pH <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> | 0.22                 | 0.29 | 0.28 | 12.78                | 18.85 | 7.65  |
|                 | P <sub>1</sub> | 0.29                 | 0.31 | 0.18 | 11.91                | 20.33 | 11.24 |
|                 | P <sub>2</sub> | 0.26                 | 0.28 | 0.25 | 20.95                | 23.11 | 20.53 |
|                 | P <sub>3</sub> | 0.26                 | 0.25 | 0.28 | 21.74                | 20.08 | 24.50 |
| pH <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> | 0.24                 | 0.29 | 0.27 | 12.38                | 21.18 | 13.60 |
|                 | P <sub>1</sub> | 0.29                 | 0.30 | 0.29 | 24.76                | 21.95 | 19.67 |
|                 | P <sub>2</sub> | 0.29                 | 0.25 | 0.25 | 25.81                | 22.85 | 17.44 |
|                 | P <sub>3</sub> | 0.27                 | 0.32 | 0.26 | 21.35                | 16.60 | 28.09 |
| pH <sub>3</sub> | P <sub>0</sub> | 0.27                 | 0.23 | 0.29 | 18.74                | 7.19  | 19.97 |
|                 | P <sub>1</sub> | 0.29                 | 0.28 | 0.31 | 22.03                | 17.66 | 25.93 |
|                 | P <sub>2</sub> | 0.29                 | 0.25 | 0.24 | 32.46                | 21.72 | 20.00 |
|                 | P <sub>3</sub> | 0.28                 | 0.32 | 0.26 | 27.25                | 18.01 | 26.95 |

|                 |                | <u>1<sup>er</sup> año</u> |      |      | <u>2<sup>do</sup> corte</u> |      |      | <u>Materia Seca 41,38%</u> |  |  |
|-----------------|----------------|---------------------------|------|------|-----------------------------|------|------|----------------------------|--|--|
|                 |                | <u>%N en planta</u>       |      |      | <u>K T en planta</u>        |      |      |                            |  |  |
|                 |                | I                         | II   | III  | I                           | II   | III  |                            |  |  |
| pH <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> | 2.35                      | 2.87 | 2.94 | 0.75                        | 0.94 | 0.43 |                            |  |  |
|                 | P <sub>1</sub> | 2.73                      | 2.66 | 2.56 | 0.67                        | 1.06 | 0.70 |                            |  |  |
|                 | P <sub>2</sub> | 2.63                      | 3.26 | 2.87 | 1.19                        | 1.20 | 1.29 |                            |  |  |
|                 | P <sub>3</sub> | 2.56                      | 2.52 | 3.05 | 0.98                        | 1.19 | 1.32 |                            |  |  |
| pH <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> | 2.35                      | 2.87 | 2.77 | 0.72                        | 1.16 | 0.88 |                            |  |  |
|                 | P <sub>1</sub> | 2.94                      | 3.15 | 2.84 | 1.25                        | 1.00 | 1.14 |                            |  |  |
|                 | P <sub>2</sub> | 3.15                      | 2.86 | 2.98 | 1.27                        | 1.34 | 0.93 |                            |  |  |
|                 | P <sub>3</sub> | 2.77                      | 2.94 | 3.01 | 0.92                        | 0.89 | 1.62 |                            |  |  |
| pH <sub>3</sub> | P <sub>0</sub> | 2.91                      | 2.80 | 3.15 | 0.85                        | 0.38 | 1.21 |                            |  |  |
|                 | P <sub>1</sub> | 3.08                      | 2.87 | 2.91 | 1.11                        | 1.02 | 1.34 |                            |  |  |
|                 | P <sub>2</sub> | 3.40                      | 2.63 | 2.45 | 1.11                        | 1.43 | 1.22 |                            |  |  |
|                 | P <sub>3</sub> | 2.87                      | 2.91 | 3.12 | 1.15                        | 1.02 | 1.26 |                            |  |  |

% K en planta

|                 |                | I    | II   | III  |
|-----------------|----------------|------|------|------|
| pH <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> | 1.80 | 1.87 | 2.15 |
|                 | P <sub>1</sub> | 1.99 | 1.83 | 2.07 |
|                 | P <sub>2</sub> | 1.95 | 2.22 | 2.22 |
|                 | P <sub>3</sub> | 1.68 | 1.95 | 2.15 |
| pH <sub>2</sub> | P <sub>0</sub> | 1.79 | 2.07 | 2.34 |
|                 | P <sub>1</sub> | 1.95 | 1.91 | 2.15 |
|                 | P <sub>2</sub> | 2.03 | 2.15 | 1.07 |
|                 | P <sub>3</sub> | 1.87 | 2.03 | 2.20 |
| pH <sub>3</sub> | P <sub>0</sub> | 1.72 | 1.95 | 2.50 |
|                 | P <sub>1</sub> | 2.03 | 2.26 | 1.95 |
|                 | P <sub>2</sub> | 1.76 | 2.26 | 1.95 |
|                 | P <sub>3</sub> | 1.83 | 2.15 | 1.95 |



VII. BIBLIOGRAFIA.

1. ADAMS, F. and PEARSON, R.W. Crop response lime in the southern United States and Puerto Rico. In Pearson R.W. and Adam F. eds. Soil Agriculture and Liming. Madison, Wis, ASA, (1967)
2. ANDREW, C.S. Effect of Calcium, pH and Nitrogenous on the growth and Chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes: I Nodulations and growth. Australian Journal Agriculture Research 27 (5) pp 611-623. (1976)
3. \_\_\_\_\_ and Bryan, W.W. Pasture studies on the coastal lowlands of subtropical Queensland II I The nutrient requirement and potencialities of Desmodium Uncinatum and White Clover on a Lateritic Podzolic soil. Australian Journal Agricultural Research 9pp 267 284 (1957)
4. \_\_\_\_\_ and Johnson A.D. Effect of Calcium, pH and Nitrogenous on the growth and chemical compositions of some tropical and temperate pasture legume: I. Chemical composition (Ca, N, K, Mg, Na, P) Australian Journal Agricultural Research 27(5) pp 625-636 (1976)
5. ANTER, F., HILAL, M.H. and EL-DEMATY, A.H. A Chemical and Biological approach towards the definition of calcareous soils. Pl. and Soil 39(3) pp 479-486 (1973)
6. AWAN A.B. Effect of Lime availability of Phosphorus in Zamorano Soils. Soil Sci. am Proc 28 pp. 672 673 (1964)
7. AZNAREZ, M. Ensayos de abonos con alfalfa Arch. Fitof. de Uruguay 3 p. 143 (1939)
8. BALEAR, J. y MEYER L.H. Influencia del encalado en la disponibilidad y el valor A del fósforo en un suelo de "El Espinillar". (1971) (No editado).
9. BARROWS, H.L., TAYLOR, A.W. and SIMPSON T.S. Interactions of limestone particle size on phosphorus on the control of soil acidity. Soil Scien. Soc. of Am. Procc. 32 (6) pp 64-68 (1968)
- 10 BANWART, W.L. and PIERRE, W.H. Cation-anion balance on field-grown crops II Effect of Phosphorus and Potassium fertilizations and soil. Pl. Agr. Jou. 67 (1) pp 20-25

11. BARTLETT, R.J. and PICARELLI, C.J. Availability of boron and phosphorus as affected by liming on acid potato soil. Soil Science 116 (2) pp 71-83 (1973)
12. BEAR, F.E. Química del Suelo. Ediciones Inter ciencia Madrid. España (1963)
13. BELTRAMINI, E. et al. "Mejoramiento de leguminosas en suelos superficiales" Proyecto Basalto. Informe de los años 1968-69. Facultad de Agronomía (1969). Facultad de Agronomía (1969) No publicado.
14. BLACK, C.A. Methods of soil analysis. American Soc. of Agron. Inc. Pub. Winsconsin, USA volumen 2, 1572 p (1965)
15. \_\_\_\_\_. Relaciones suelo-planta Tomo 1 y 2 Edit. Hemisferio Sur. Bs.As. Argentina.
16. HUSS, G.R. and HAWKIN, G.W. Yield response of alfalfa cultivars and clones to several pH levels in Tatum Subsoil. Agr. Jou. 67(3) pp 331-334 (1975)
17. BINGHAM, F.T. and GARBER, M.J. Solubility and availability of micronutrients in relations to phosphorus fertilization Soil Scien. Soc. of Amer. Procc 24 (3) pp 209-213 (1960)
18. CASTRO, J.L. Fertilización de pasturas. Avances en Pasturas IV I. Producción de Pasturas Centro de Investigaciones; Agrícolas "Aberto Boerger" Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo, Uruguay.
19. CHAFFIN, W. Liming soils better farming Oklahoma University Agricultural Experimental Station Circular N°625 p 19 (1954)
20. COLEMAN, N.T. THORP, J.T. and JACKSON, W.A. Phosphate-sorption reaction that involve exchangeable Aluminium Soil Sci 90 (1) pp 4-7
21. DAWSON, M.D. Influence of Base Saturation and Calcium levels on Yield and Mineral content of alfalfa Soil Sci Soc. Am. Proc. 22 (4) pp 328-333 (1958)
22. DEMETRIO, J.L. ELLIS, R. Jr. and PAULSEN, G.M. Nodulation and Nitrogen fixation by two Soybean varieties as affected by Phosphorus and Zinc. Agron. Jour. 64(5) pp 566-568 (1972)
23. DIONNE, J.L. et ROLA- PLESZEYNSKY, S.S. Comportement différentiel de la lezeine en regard du chaulage sur cinq tipos de sols du Quebec. Can. Jour. of Soil Sci. 44 pp 119-130.

24. ERKAMA, J. On the effects of copper and Manganese on the iron status of higher plants in Trace Elements in Plants P Physiology Edit. by the Chronica Botanica Company pp 81-86 Watham Mass. USA 9 (1950)
25. ESCUDERO, J. y MORON, A. Caracterización de la capacidad de fijación de fósforo de distintos suelos de Uruguay. Tesis de Ing. Agr. (1978)
26. ESTEBAN, E. y AGUILAR, A. Estudio de la nutrición de alfalfa I. Importancia del equilibrio fisiológico. Agrochimica 21 (6) pp 523-528 (1977)
27. FASSBENDER, H.W. Efecto del encalado en la mejor utilización; de fertilizantes fosfatados en Costa Rica. Fitotecnia Latinoamericana vol G I pp 115-126 (1969)
28. \_\_\_\_\_. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina IICA Turrialba. Centro Regional de Ayuda Técnica (AID) pp 168-365 (1975)
29. FREITAS, L.M. y PRATT. Respostas de tres leguminosas a calcário em diversos solos ácidos de Sao Paulo Perf. Agrop. Brasil 4 pp 89-95
30. GACHON, L. The usefulness of a good level of soil phosphate reserves. Phos in Agric. 31 (70) pp 25-30 (1977).
31. GLADSTONE, J.S., LONERAGAN, J.F. and GOODEHILD, N.A. Field responses to Cobalt and Molybdenum by different legume species, with inferences on the role of Cobalt in legume growth. Austr. Jour. of Agr. Res. 28 (4) pp 619-628 (1977)
32. HALSTEAD, R.L., LAPENSE, J.M. and IVARSON, K.C. Mineralization of soil organic Phosphorus with particular reference to the effects of Lime Can Jour of Soil Sci 43 (1) pp 96 (1963)
33. HALLOCK, D.L. and ATTOC, O.J. Correlation of Phosphorus content of alfalfa with pH and forms of soil Phosphorus. Soil Sci of Am Proc. 18 (1) pp 64-67 (1954)
34. HELYAR, K.R. and ANDERSON, A.J. Effect of Lime on the growth of five species on Aluminium toxicity and on Phosphorus availability. Aust. Jour. Agr. Res. 22 (5) pp 707-721 (1971)
35. \_\_\_\_\_. Effects of calcium carbonate on the availability of nutrients in acid soil. Soil Sci. Soc. Am. Procc 38 (2) pp 341-348 (1974)

36. HOURIGAN, W.B. Growth and Ca uptake by plants as affected by rates and depth of liming. Soil Sci. Soc. of Am. Procc 25(6) pp 492 - 297 (1961)
37. JACKSON. M.L. Análisis químico de suelos 2a. edición. Edic. Omega. Barcelona, España p 662 (1970)
38. JOHN, M.K., CASE, IV.W. and VAMKERHOVEN, C. Liming of alfalfa I. Effect on plant growth and soil properties. Pl. and Soil 37(2) pp 353-361 (1972)
39. JOHNSON, R.E. and JACKSON, W.A. Calcium uptake and transport by wheat seedlings as affected by Aluminium. Soil Sci. Soc. of Am. Proc. 28 (3) pp 381-386 (1964)
40. KAMPRATH, E.J. and MILLER, E.I. Soybean yields as a function of the soil Phosphorus level. Soil Sci. Sci. Am Proc. 22(4) pp 317 (1958)
41. KLIWER, W.M. and KEMEDY, W.K. Studies on response of legume to Molybdenum and Lime fertilization on Mardin Silt. Loam Soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24 (5) pp 377-380 (1960)
42. LACHICA, M., RECALDE, L y ESTEBAN, E., "Análisis Foliar Métodos analíticos utilizados en la Estación Experimental del Zaidin An. Edaf. y Agrob. 14 (9,10) pp 495-622 (1965)
43. LONERAGAM, J.F. and DOWLING, E.J. The interaction of Lime and Phosphorus on the nodulation and growth of white clones. N. Zead. Jour. Agr. Res. 13(2) pp 252-262 (1970)
44. LOWTHER, W.L. and ADAMS, A.F. The interaction of Lime and Phosphorus on the nodulation of subterranean clones. Austr. Jour. Agr. Res. 9 pp 464-472 (1958)
45. LINDSAY, F.L. and MORENO E.C. Phosphate phase equilibria in soil. Soil Sci Sci of Am. Procc 24 177-182 (1960)
46. LUND, L.F. The effect of Calcium and its relation to several cations in Soy bean root growth. Soil Sci. Sci. Am. Proc. 34 (3) pp 456 (1970)
47. LUTZ, J.A. Jr. Effect of partially acidulated rock phosphate and concentrated superphosphate on yields and chemical composition of alfalfa and orchardgrass. Agr. Jour 65(2) pp 212 (1973)
48. MAC LEAN, A.J. and COOK, R.L. The effect of soil reaction on the availability of Phosphorus for alfalfa in some Easton Ontario Soil Sci Soc. Aox. Am. Procc. 19 (3) pp 3111-3114 (1055)

49. \_\_\_\_\_, HALSTEAD, R.L. and IN, R.J. Effects of Lime on extractable Aluminium and other soil properties and on barley and alfalfa grown in pot test. Can Jour Soil Sci 52(3) pp 427-438 (1972)
50. MALARINO, A.P., ZAMALVIDE, J.P., CASANOVA, O. Encalado y fertilización de alfalfa I. 1º Reunión Técnica Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay (en prensa) (1978)
51. MARTIN, W.E. and MATOCHA, J.E. Plant analysis as an aid in the fertilization of forages crops. Soil testing and plant analysis. Ed. Walsh y Beaton pp 393-426. (1973).
52. MOSCHLER, W.W., JONES, G.D. and TOMAS, G.W. Lime and Soil acidity effects on alfalfa growth in a Red-yellow Pozolic Soil. Soil Sci.Soc. Am. Proc 24(6) pp 507-9 (1960)
53. MEYER, T.R. and MOLL, G.H. The effect of particle size of lime stone on soil reaction exchangeable cations and plant growth. Soil Sci 73:37-52 (1952)
54. MUNNS, I.N. Soil acidity and growth of a legume I Interactions of Lime with Nitrogen and phosphate on growth of Medicago Sativa and Trifolium Subterraneum. Aust. Jour. Res. 16(5) pp 733-741 (1965)
55. \_\_\_\_\_. Soil acidity and growth of a legume II) Relations of Aluminium and phosphate in solution and effects of Aluminium, phosphate Calcium and pH on Medicago Sativa and Trifolium Subterraneum in solution culture. Aust. Jour. Agr. Res. 16(5) pp 743-55 (1965)
56. \_\_\_\_\_. Soil acidity and growth of a legume III) Interaction of Lime and phosphate on growth of medicago Sativa in relation to Aluminium toxicity and phosphate fixation. Aust. Jour. Agr. Res. 16 (5) pp 757-66 (1965)
57. \_\_\_\_\_. Nodulation of Medicago Sativa in solution culture (Acid sensitive - steps). Pl. and Soil 28 (1) pp 129-46 (1970)
58. \_\_\_\_\_. Nodulation of Medicago Sativa in solution culture V. Calcium and pH requirements during infection Pl. and Soil 32 (1) pp 90-102 (1968)
59. \_\_\_\_\_ and FOX, R.L. Depression of legume growth by liming. Pl. and Soil 45 (3) pp. 701-04 (1976)
60. NURGIA, J.L. Implantación de leguminosas en suelos basálticos no arables C.H.P.P.L. (1964)

62. PALGI, E. y VAIORA, M.L. Efectos del encalado y la fertilización fosfatada en alfalfa. Tesis de Ing. Agr.
63. OVELLETE, G.J. Effect of Lime, Nitrogen and Phosphorus on the response of Ladino clover to Molybdenum. Can Jour. Soil Sci. 43 (1) pp 117-122 (1963).
64. PEARSON, R.W. Liming and fertilizer efficiency. Agr. Jour 50 (7) pp 356-62
65. PIONS, A.L. Efeito residual da calagem e da abudacao fosfatada na producao de alfalfa (Medicago Sativa) num latossolo bruno Distrofico do Rio Grando do Sul. Anuario Tecnico de I.P.A. Rio. Osorio 3pp 540 (1976)
66. POHLMAN, G.G. Effect of liming different soil layers on yield of alfalfa and on root development and nodulation soil Sci 62 pp 255
67. P FATT, P.F. Phosphorus and aluminium interactions in the acidification of soils. Soil Sci. Soc. of America Proceeding 25 pp 467-469 (1961)
68. PIONKEI, H.B., COREY, R.B. and SCHULTE, E.E. Contriburions of soil factors to limed requirements and limed requirements test. Soil Sci. Soc of Am. Procc. 32 (1) pp 103-117 (1968)
69. RAINS, D.W., SCHMID, W.E. and EPSTEINI, E. Absorption of cations by roots. Effects of hidrogen ions on essential role of calcium Plant Phisiology 39(2) 274-278 (1964)
70. KEHM, G.W. and LORENSEN, R.C. Effects on the aplication of Phosphorus Potasium and Sulfur to alfalfa grown on a calcareous Silt Loam. Soil Sci 117(1) pp 58-65
71. ROBERTSON, W.K., NELLE I, J. RL and BARTLETT, F.D. Effect of Lime on the availability of Phosphorus in soils of High to low sesquioxide content. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 18(2) pp 184-187
72. ROSSISTER, R) C and OZENNE, P.G. The short term effects of rock phosphate on subterranean clover pasture. Aust. Jour. Res. 6 pp 553-564 (1955)
73. RUSSEL. - SIN J. ) ndiciones del suelo y desarrollo de las plantas 3a. ed. Aguilar (1959)
74. SCHMEHL, W.R., PEECH, M. and BRADFIELD, R. Causes of poor growth of plant on acid soil and beneficial effect of liming: I Evaluation of factors responsible for acid soil injury. Soil Sci. 70(5) pp 303

75. SCHERVEN NAN, D.A. On the resistance of effectiveness of *Rhizobium trifolii* to a low pH. *Pl and Soil* 37 (1) pp 49-55 (1972)
76. SIMPSON, J.R. PINKERTON, A. and LAZ IONSKIS, J.L. Effect of subsoils Calcium on the root growth of some lucerne genotypes in acidic soil profiles *Aust. Jour. Agr. Res.* 28 pp 629-638
77. SINGH, M and DAHIZA, S.S. (1976) Effect of Calcium. Carbonate and Iron on the availability and uptake of Fe, Mn, P y Ca in Pea *Pl and soil* 44 (3) pp. 511.
78. \_\_\_\_\_ . MARTENS, D.C. and OBENSHAIN, S.S. Effects of limes Stone applications on the availability and form of Phosphorus in Davidsn Clay Loam *Pl. and Soil* 32(1) pp 57-65 (1970)
79. \_\_\_\_\_ . and SEATZ V.F. Alfalfa yield and composition after different times and rates of lime and phosphorum applications *Soil Sci. Soc of Am. Procc* 25 (4) 307-309 (1961)
80. SUMMER, M.E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. *Agronomy Journal* 72 pp 343-348 (1979)
81. THOMPSON, L.M. *El suelo y su fertilidad*. Edit. Reverté. Barcelona, España
82. THORP, FJCL and HOBBS, J.A. Effect of Lime applications on Nutrient uptake by alfalfa. *Soc. Sci Soc Am. Proc* 20 (4) pp 544-546
83. THURLOW, D.L. and SMITH, F.W. Rock phosphate and superphosphate as sources of Phosphorus and Calcium for alfalfa *Agr. Jou.* 52(6) pp 313 (1960)
84. TISDALE, S.L. and NELSON, W.L. *Soil fertility and fertilizar* 2a. Edic. Mac millam Company New York (1966)
85. TROUGH, N.V., WILSON, G.L. and ANDREW; C.S. Manganese toxicity in pastures legumes: I Effects of Calcium and Phosphorus levels in the substrate. *Pl. and Soil* 34 (2) pp 309-20
86. TROUGH, E., GOATES, R.G., GERLOFF, C. and BERGER, K.C. Magnesium phosphorus relation ships in plant nutrition *Soil Sci* 63 pp 19-25 (1947)
87. WANG, L.C., ATTOC, D.J. and TROUGH, E. Effects of lime and fertility levels on the chemical composition and winter survival of alfalfa. *Agr. Jou.* 45 (8) pp 381-384 (1953)

88. WANG, S.C., LAI, T.M. and YARIG, C.C. Luming as a means to increase sugar cane yields in Taiwan Proc. 10th Cog I.S.S.C.T. pp 556-565 (1953)
89. JURUGUAY, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Cátedra de Suelos. Curso de suelos II. Mdeo. Tomo 2 y 3 Mimeografiado.
90. ZAMALVIDE, J.P. Efecto del encalado sobre la disponibilidad de fósforo del suelo y la eficacia del fertilizante fosfatado en un suelo de basalto Tesis Ing. Agr.
91. ZAMALVIDE, J.P., MALLARINO, A.P. CASANOVA, O.N. y GENTA, H. Evaluación del comportamiento de 5 métodos para estimar fósforo disponible en suelos del Uruguay. Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía, 1a. Mdeo. 1978. Trabajo presentados Mdeo. Facultad de Agronomía 1978 (bl. 2.