

h. Juntas
Calles
16/3/76

1145.

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA

"EFECTO RESIDUAL DE LA FERTILIZACION INVERNAL N P EN DOS SUELOS
BASALTICOS"

Feliciano Castro

Feliciano Castro
Feliciano Castro

Feliciano Castro

Tesis presentada a la Facultad de Agronomía como requisito para
obtener el título de Ingeniero Agrónomo.-

-Diciembre de 1976.-

1.- INTRODUCCION 1

2.- REVISION BIBLIOGRAFICA 4

A.- NITROGENO 4

a.- Factores que afectan el contenido de N en los suelos.- 4

b.- Formas del N en el suelo.- 5

c.- Estabilidad en los suelos 6

d.- Balance del N en los suelos 6

1.- remoción por los cultivos 7

2.- pérdidas por lavado 7

3.- cantidad de fertilizante aplicado 9

4.- pasaje a formas gaseosas 9

5.- aplicación de fertilizantes nitrogenados y evolución del N del suelo 10

6.- interacciones entre algunos de los factores citados 12

7.- algunas conclusiones 12

B.- FOSFORO

a.- Contenido de P en los suelos 14

b.- Distribución en el perfil 15

c.- Categorías de P en el suelo 15

1.- P primario 15

2.- P secundario 16

(i).- P orgánico 16

(ii).- P inorgánico 16

d.- Pérdidas en los suelos 18

1.- remoción por cosechas 18

2.- lavado 18

23 MAR. 1977

3.- erosión	18
c.- Fijación del P en los suelos	19
1.- pH	20
2.- Relación Fe, Al, Ca:P	21
3.- formas del elemento	22
(i).- Fe y Al	22
(ii).- Ca	22
4.- meteorización	23
5.- grado de saturación del P del suelo	23
f.- Concentración y renovación	23
C.- SUELOS	26
D.- ESPECIES VEGETALES	27
a.- Anuales	27
b.- Perennes	27
c.- Ciclo anual	27
1.- especies de ciclo invernal	27
2.- especies de ciclo estival	28
3.- especies de ciclo indefinido	29
d.- Tipos productivos	29
1.- pastos duros	30
2.- hierbas y pastos ordinarios	31
3.- hierbas y pastos tiernos	32
4.- hierbas y pastos tierno-duros	33
5.- hierbas y pastos finos	33
6.- malas hierbas	34
E.- BALANCE HIDRICO	35
F.- MATERIALES Y METODOS	38
A.- SUELOS	38
B.- TRATAMIENTOS Y DISEÑO ESTADISTICO	38

1.- INTRODUCCION.-

El Uruguay es un país esencialmente agrícola ganadero, su economía se apoya en forma considerable en el sector agropecuario y dentro del sector la ganadería produce un alto porcentaje del volumen físico de las exportaciones.-

La proporción de tierras productivas del Uruguay sobre el total del territorio es muy alta en comparación con otros países: Uruguay 37,6%; Reino Unido 31,5%; Italia 69,4%; Francia 62,8%; Australia 59,6%; Alemania 57,7%; EE.UU. 56,2%; Argentina 51,5%.-

Superficie de pastoreo. Del total de tierras productivas, las dedicadas a la ganadería representan alrededor del 90%. El Cuadro 1 muestra la composición de la superficie de pastoreo.-

CUADRO 1.- Composición de la superficie de pastoreo (Hás)

CIDE 1967 (1)

	1966	%
Campo natural	13.156.194	90,13
Campo natural fertilizado	160.036	0,96
Siembras en cobertura	65.848	0,40
Prod. artif. permanentes	313.667	1,90
Cultivos forrajeros anuales	489.649	2,96
Tierras de rastrojo	295.420	1,79
Bosques naturales	419.527	2,54
Total	14.901.111	100,00

Especies más importantes del tapiz en la zona basáltica. En base a las observaciones realizadas en la zona basáltica se encontraron más de veinte especies para cada uno de los suelos (superficial y profundo).-

En el basalto profundo (pradera negra) las especies predominantes son: *Schyzachyrium spicatum*; *Andropogon ternatus*; *Aristida venuguala*; *Stipa neesiana* var. *neesiana*; *Betrichloa lagroides*; *Paspalum dilatatum*; *Piptochaetium stipoide* var. *stipoide*.-

En el basalto superficial (litosol) las especies predominantes son: *Chloris capensis* var. *bahiensis*; *Piptochaetium stipoide*; *Piptochaetium montevidensis*; *Betrichloa lagroides*; *Aristida uruguayensis*; *Paspalum notatum*; *Stipa neesiana* var. *neesiana*; *Phalaris platensis*.-

Es necesario tener presente que en la mayoría de los casos el campo natural es una asociación vegetal adaptada en un muy superior grado a las condiciones edáficas y climáticas del área que una pradera compuesta por especies introducidas.-

Por lo tanto es lógico considerar la posibilidad de incremento de la producción del campo natural a través de normas de manejo.- Por otra parte, el rendimiento y el valor forrajero del campo están determinados por la composición de su asociación vegetal.-

Es necesario conseguir en el campo natural entonces, una composición vegetal que bajo las condiciones climáticas dadas, junto a un alto rendimiento tenga un aceptable valor bromatológico.-

En este sentido existen antecedentes que demuestran que la fertilización N P resulta en aumentos significativos de la producción de pasturas naturales sobre suelos de basalto para la estación de crecimiento inmediatamente posterior a su aplicación.-

Sin embargo, no existe información acerca del posible efecto residual de la fertilización N P en la producción posterior de esas pasturas.-

Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto residual de la fertilización mineral N P en la producción anual de la pastura en dos suelos basálticos.-

2.- REVISION BIBLIOGRAFICA.-

A.- NITROGENO.-

a.- Factores que afectan el contenido de N en el suelo.-

El N presente en el suelo está determinado en cada caso particular por una serie de factores: clima, efectos locales (vegetación, topografía y drenaje, material madre), influencia del hombre, tiempo durante el cual han actuado estos factores. (4)

El clima actúa a través de la lluvia y la temperatura, que regulan el crecimiento vegetal y la actividad microbiana. En general se encontró que a medida que la temperatura aumenta el contenido de N en el suelo disminuye.-

Hasta determinados límites, tanto la velocidad de producción de material vegetal, como el contenido de N del suelo aumentan al aumentar el suministro de agua.-

En un régimen climático dado y a una temperatura dada el contenido de N será mayor en un suelo bajo parda que en un suelo bajo bog que. Los suelos desarrollados bajo plantas con sistema radicular extenso presentan alto contenido de N.-

La topografía influye en el microclima a través de la dirección y grados de las pendientes, determinando variaciones en el contenido de N; las diferencias entre laderas con pendiente norte y las laderas con pendiente sur serán debidas principalmente al efecto de la temperatura. Los lugares altos y con pendientes pronunciadas tendrán un menor contenido de N como consecuencia de un microclima seco y de una mayor pérdida por erosión.-

Aquellos lugares con drenaje impedido pueden tener un alto contenido en N y materia orgánica.-(4)

El contenido de N aumenta a medida que la textura se hace más fina (arcillosos). La distribución del N en el perfil del suelo varía según los suelos, aunque el máximo contenido se encuentra en los horizontes superiores.-(4)

El hombre a través del cultivo de los suelos, va a influir en uno u otro sentido con respecto al contenido de N de los mismos.-(6)

b.- Formas del N en el suelo.-

El N_2 se halla presente en forma gaseosa en la atmósfera del suelo y disuelto en el agua del suelo.-

El N total del suelo se encuentra como N-orgánico y N-inorgánico. En formas inorgánicas se presenta el N como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido (NO_2) y amoníaco (NH_3); son formas gaseosas, presentes en cantidades pequeñas en el suelo, y de poca importancia para la planta.-(4)

Además se encuentra como amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-). Estas formas se encuentran en solución en el suelo; son importantes ya que pueden ser utilizadas por las plantas, pero se hallan presentes en cantidades relativamente pequeñas, menos del 2% del N total; el resto, en efecto se encuentra bajo forma orgánica. El N constituye aproximadamente del 5 al 6% en peso de la materia orgánica del suelo.-

La naturaleza de las formas nitrogenadas de la materia orgánica no está totalmente identificada. Por hidrólisis ácida un tercio o más del N orgánico está bajo forma de proteína, 6 a 14% como aminoácidos; el N-orgánico no hidrolizable estaría bajo forma de residuos azúca-

dos de amonio y lignina.-

c.- Estabilidad en los suelos.-

Aunque una parte importante de N orgánico de los suelos sea de naturaleza proteínica, el comportamiento del N del suelo no es identificable con el del N proteínico.-

El N-orgánico que se agrega al suelo como resto vegetal o animal es proteínico; es allí atacado por microorganismos y pasa a formar parte del protoplasma bacteriano y parte es mineralizado.-

El N del suelo, resiste el ataque microbiano ya que solo se mineraliza de 1 a 2% por año. Existen distintas teorías que pretenden explicar el bajo ritmo de mineralización del N del suelo; unas sostienen que la reacción entre proteínas y ligninas reduce el ritmo de mineralización del N; otras teorías sostienen que la interacción entre sustancias nitrogenadas y arcillas llevaría a la estabilización. Una nueva teoría sostiene que la estabilidad resulta de la ausencia de suficiente material energético para una vida microbiana activa. Otra teoría sobre los mecanismos de estabilización involucra a las plantas, refiriéndose a la formación de N-orgánico por las mismas, a partir de N mineral del suelo (4).-

d.- Balance del N en los suelos.-

Durante cada ciclo anual, parte del N es mineralizado y parte es inmovilizado; parte es tomado por las plantas y parte es reintegrado al suelo a través de restos vegetales, parte se volatiliza y parte se obtiene a través de la atmósfera, parte es lavado y parte se obtiene por fertilización; parte es perdido por erosión o es agregado al suelo por-

arrastru y deposición.-

La mineralización del N consiste en una seri de procesos a través de los cuales los componentes orgánicos, ya sea de la materia orgánica o de los residuos vegetales y animales se transforman a formas inorgánicas nitrogenadas tales como NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- ; toman parte microorganismos del suelo.-

En oposición a la mineralización está la inmovilización; en este proceso el N-inorgánico es incorporado e inmovilizado temporalmente por los microorganismos. (Ver esquema del ciclo del N).-

Algunos factores que afectan el nivel de N en el suelo son: 1.- remoción por los cultivos; 2.- pérdidas por lavado; 3.- cantidad de fertilizante aplicado; 4.- pasaje a formas gaseosas; 5.- aplicación de fertilizantes nitrogenados y evolución del N del suelo; 6.- interacciones; 7.- algunas conclusiones.-

1.- Remoción por los cultivos.- Fue estimado que la remoción por los cultivos, considerando la cosecha de granos solamente, alcanza un valor de 28 Kgrs. de N/Há para el año 1930 en EE.UU.. Si se considera la cosecha de grano y paja la remoción era de unos 40-45 Kgrs. de N/Há; el total de N en la capa arable se calculó en unos 3200 Kgrs/Há. La remoción equivale al 1.25% del total de N de la capa arable. (7)

2.- Pérdidas por lavado.- En general la mayor parte del N que se pierde por lavado es el presente bajo forma de nitrato NO_3^- , menos del 1% como NH_4^+ y solo trazas como nitrito (NO_2^-). Las pérdidas relativamente insignificantes de estas dos últimas formas se deben en parte a la baja concentración inicial de las mismas, y además en el caso del amonio a su retención por el suelo.-

Las pérdidas de nitratos por lixiviación son de mayor importancia en suelos de textura gruesa que en suelos de textura fina, por tener aquellos mayor drenaje. Las pérdidas por lixiviación adquieren mayor o menor importancia según el suelo presente su superficie cubierta por vegetación o no.-

Trabajaron en suelos de textura gruesa pero con distintos porcentajes de arcilla, habiendo lavado todos los nitratos presentes, encontraron que el movimiento del nitrato en el perfil aumentaba con la disminución en el contenido de arcilla y por consiguiente un aumento en el porcentaje de macroporos. Al haber un mayor porcentaje de microporos e indirectamente un mayor porcentaje de arcilla, disminuirá el movimiento del nitrato en el suelo por menor drenaje, y por lo tanto habrá una mayor permanencia del N en las capas superiores del suelo(3).

Las pérdidas por lixiviación son mayores en los períodos de mayor precipitación (invierno); la intensidad de las pérdidas se pueden disminuir instalando cultivos de cobertura invernales, dependiendo el grado de pérdida del tipo de cultivo.-

El efecto residual de los fertilizantes nitrogenados puede aumentar en aquellos suelos que tengan algún tipo de vegetación que reduzcan la intensidad de la lixiviación ya que el N es absorbido bajo forma de nitrato y estos no tienen mecanismos de retención en el suelo.-

Sin embargo, si el cultivo de cobertura utiliza mucho N puede traer aparejado una disminución del efecto residual. (4)

Otros factores que hay que tener en cuenta en el efecto residual es que en los suelos pesados, donde el agua de drenaje no puede ser eliminada por percolación, los nitratos serán drenados de los horizontes superiores y se irán acumulando en los horizontes más profundos. En los suelos livianos donde el agua de drenaje puede ser eliminada del perfil del suelo; los nitratos serán eliminados con dicha agua y de esta -

forma puede que la cantidad de ellos en los horizontes profundos no aumente.

Las condiciones climáticas luego de las lluvias deben ser consideradas, dado que si bien las lluvias provocan un movimiento descendente de los nitratos, pueden darse luego, condiciones que provoquen el ascenso del agua del suelo. Si esta agua asciende y se pierde por evaporación los nitratos tenderan a acumularse en la superficie del suelo.-

(6)

3.-Cantidad de fertilizante aplicado.- Al aplicar mayor dosis de fertilizante nitrogenado mayor será el efecto residual.-

En un experimento encontraron que los rendimientos de trigo plantado después de papas abonadas con 84 y 168 kg. de N/Há, fueron equivalentes al obtenido con una aplicación de 22,4 y 61 kg. de N/Há respectivamente aplicados directamente al cultivo.(9)

También encontraron conclusiones similares (10) y (11).-

4.- Pasaje a formas gaseosas.- En algunos experimentos se ha encontrado un balance negativo del N en los suelos; es decir que la suma del N removido a partir del suelo por lavado, erosión y cultivo, más el N residual del suelo, es menor que la suma del N agregado y el N presente inicialmente en el suelo. (4)

Este balance negativo se explica por pérdidas de N bajo forma gaseosa. El N del suelo puede evolucionar a N gaseoso bajo las formas de óxido de N (NO y NO_2), nitrógeno gas (N_2) y amoníaco (NH_3).

Un mecanismo que explica estas pérdidas, es la denitrificación, que es un proceso microbiológico que ocurre bajo deficiencias de O_2 libre y cuando además existen en el suelo NO_3 o NO_2 y una fuente de mate-

ria orgánica susceptible de descomponerse. El proceso ocurre porque los NO_3 o los NO_2 pueden sustituir al O_2 como aceptor de H en algunas reacciones de oxidación llevadas a cabo por ciertos organismos.-

El O_2 es el aceptor de H preferido y los NO_3 pueden competir como aceptores de H solo cuando el O_2 libre está presente en una concentración muy baja.-

En un experimento se encontró una desaparición del 33% del N mineral del suelo, por denitrificación en suelo húmedo y PH bajo. (12)

Otra forma de pérdida del N_2 gaseoso es por volatilización del amoníaco. Este amoníaco puede ser el formado en el proceso de descomposición de la materia orgánica o puede ser el amonio agregado bajo forma de fertilizante. Estas pérdidas han sido la causa de una menor eficiencia de los fertilizantes amoniacales con respecto a los nítricos, en ciertos suelos alcalinos.

La aplicación de amoníaco gaseoso como fertilizante al suelo resulta en poca pérdida por volatilización si la misma se hace algunos centímetros debajo de la superficie y bien cubierta.-

Las condiciones que favorecen una rápida volatilización son : presencia de amonio en la capa superficial, PH mayor de 7, altas temperaturas durante cortos períodos de tiempo o bajas temperaturas por largos períodos de tiempo y rápida pérdida de agua por evaporación.-

5.- Aplicación de fertilizantes nitrogenados y evolución

del N del suelo.- Se estudiaron los cambios en la dinámica del N mineral del suelo cuando se aplicaban fertilizantes minerales (amoniacales y nítricos marcados) en condiciones de barbecho, y la

respuesta en absorción de N y rendimiento por los cultivos. La cantidad de N mineral del suelo se incrementó con la aplicación de los fertilizantes nitrogenados, esta movilización adicional de N aumenta con la aplicación de $(N^{15}H_4)_2SO_4$, en un 40% del control y disminuye con la aplicación de $Ca(N^{15}O_3)_2$, llegando al 15%.-

La aplicación del fertilizante nitrogenado llevó a un incremento del N mineral del suelo, como así también, a un cambio en el régimen de amonificación y nitrificación del suelo.-

La aplicación de fertilizantes nitrogenados lleva a un incremento brusco del amonio del suelo, al mismo tiempo que inhibe su nitrificación. El $(N^{15}H_4)_2SO_4$ inhibe la nitrificación por un breve tiempo, luego del cual, la nitrificación del N del suelo se intensifica, mientras que la aplicación del $Ca(N^{15}O_3)_2$ deprime la nitrificación del amonio del suelo casi a través de todo el período. (13).-

Las variaciones se deben a que el amonio aplicado como sulfato es adsorbido por el suelo y asimilado por los microorganismos muy rápidamente, y por la rápida caída de la concentración del ión amonio en el suelo, se inhibiría la nitrificación por un breve período. Cuando se libera el amonio, se intensifica la nitrificación en presencia del sustrato.-

Aplicando nitrato de calcio se asimila menos N por los microorganismos permaneciendo la concentración en el suelo lo suficientemente alta como para retardar la oxidación del amonio.-Se produjo una adsorción de amonio diferente en los dos suelos empleados en el experimento.

Agregando sulfato de amonio y un inhibidor de la nitrificación, la nitrificación se inhibe totalmente, por lo que el suelo y los microorganismos adsorben más amonio (57%) que cuando no se agregan inhibidores (33%).

Por lo tanto el efecto residual de los fertilizantes amoniacales será menor cuando mayor sea la nitrificación y por ello menor la adsorción. Mientras que el efecto residual de los nitratos dependerá de la lixiviación. (13)

6.- Interacción entre algunos de los factores citados.- Fué encontrada interacción entre cantidad de agua agregada, textura y porosidad del suelo, en el movimiento de nitratos. A medida que aumenta el contenido de arcilla y disminuye la macroporosidad disminuye el movimiento de nitratos. (8)

También se encontró interacción entre cantidad de fertilizante aplicado y lluvia, al aumentar la cantidad de fertilizante y disminuir la lluvia aumenta la cantidad de N en los horizontes superiores. (10)-

7.- Algunas conclusiones.-

De lo anteriormente expuesto se pueden extraer algunas conclusiones: i) cuanto mayor cantidad de N extraiga un cultivo menor será el efecto residual.- ii) a mayor intensidad de lixiviación menor será el efecto residual. En la lixiviación las pérdidas más abundantes del N son bajo formas de nitratos. Las pérdidas por lixiviación están en relación directa con la lluvia caída y son menores en suelos pesados que en suelos livianos y en suelos bajo cultivo que en suelos bajo barbecho.- iii) la cantidad de N residual, independiente de los factores que afectan su retención en el suelo, esta en función de la canti

dad inicialmente aplicada.- iv) En condiciones anaerobias y PH ácido - son importantes las pérdidas por volatilización bajo forma de dióxido de N y óxido nitroso.-v) Con el agregado de fertilizantes amoniacales se obtiene un mayor efecto residual por inhibición de la nitrificación y adsorción del amonio por el suelo.-vi) El nivel residual de los nitratos dependerá fundamentalmente de la lixiviación.-vii) Puede existir una disminución en el efecto residual de los fertilizantes nitrogenados por: (a) denitrificación, perdiéndose nitrógeno en forma gaseosa; se produce bajo forma anaerobia, siendo necesaria la presencia de nitratos o nitritos y de materia orgánica susceptible de descomponerse. (b) pérdidas gaseosas en forma de amoníaco, son producidas en condiciones de alta concentración de amonio en las capas superficiales del suelo, PH mayor que 7, altas temperaturas considerando cortos períodos de tiempo y bajas temperaturas considerando largos períodos de tiempo y también rápidas pérdidas de agua por evaporación. Esta pérdida es más importante en fertilizantes amoniacales.-

FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA

B.- FOSFORO.-

El P es relativamente estable en los suelos. No presenta compuestos inorgánicos como los nitrogenados que puedan ser volatilizados. Esta alta estabilidad resulta de una baja solubilidad que a veces causa deficiencias de disponibilidad de P para las plantas.-

Los fosfatos aplicados al suelo como fertilización fosfatada son objetos de reacciones más o menos rápidas de fijación.-

La dinámica del P en el suelo incluye una serie de reacciones y transformaciones.- (2)

a.- Contenido de P en los suelos.-

El contenido total de P en los suelos es relativamente pequeño.- Pipman y Conybeare, citados por Black (3) obtuvieron un valor promedio de 1240 kg./Há para el contenido de P en la capa superficial.- Este valor corresponde al 0.062% de P, considerablemente menor que el 0.14% para el N y el 0.83% para el K.-

El P liberado en forma soluble en los suelos por temperización de minerales primarios portadores de P y el que proviene de adiciones de residuos vegetales y de fertilizantes se recombina principalmente con los elementos asociados a la fracción arcilla (óxidos de Fe y Al y compuestos de Ca.-

El porcentaje de P en la fracción arcilla excede generalmente el de las fracciones más gruesas; además el P del suelo en total aumenta a

medida que la textura se hace más fina, cuando las otras condiciones son similares.- (4)

b.- Distribución en el perfil.-

En perfiles de suelos desarrollados sobre materiales madres uniformes, el porcentaje mínimo de P generalmente se encuentra en la parte inferior del horizonte A o en la parte superior del B.- El mínimo porcentaje de P resulta aparentemente de la acción combinada de la absorción de P por las plantas y el lavado.- (4)

c.- Categorías del P en el suelo.-

Se han establecido dos categorías de P en el suelo: (1) P primario y (2) P secundario.-

(1) P primario. Son los fosfatos que estaban originalmente en la roca madre y que se encuentran inalterados en arenas y sedimentos.- La apatita $(Ca_{10}(PO_4)_6 X_2)$; donde X puede ser F^- , Cl^- , OH^- , o CO_3^{2-} es la forma predominante en rocas ígneas, siendo la fuente mineral original del 95% del P del suelo, en rocas sedimentarias permanece como apatita no temperizada de las rocas ígneas y un remanente se encuentra como fosfato de Ca.- Se encontró que el P de fracciones finas y gruesas de arenas era principalmente calcio unido por enlaces a los fosfatos, formando apatita. En suelos ácidos su degradación depende del PH del suelo, su tasa de alteración, naturaleza de la patita, tamaño de partículas y el grado en que la patita está protegida por inclusión en arenas.- (5)

(2) P secundario. - Estas formas de P provienen de la evolución del suelo, se pueden encontrar bajo compuestos orgánicos e inorgánicos y en contraste con el P primario lo hacen en las fracciones limo y arcilla. -

(1) P orgánico. -

En los fosfatos orgánicos uno o más hidrógenos del ácido fosfórico dan origen a enlaces ésteres y el resto puede ser reemplazado por cationes (2). -

La naturaleza de la mayor parte del P orgánico permanece aún desconocida. Los inositol fosfatos son los compuestos más abundantes de P orgánico que se han identificado en el suelo. Como es señalado en (3), la existencia de fosfolípidos en los suelos ha sido inferida por la presencia de P orgánico en extractos de alcohol y éter procedentes de suelos y como consecuencia de la identificación de colina en extractos de suelo. La colina es un producto de la hidrólisis de la lecitina, uno de los fosfolípidos. -

El P orgánico se encuentra en su mayoría en la fracción arcilla. X
La fracción P orgánico del P total en el suelo (espas superiores) alcanza valores de 40 y 60 % , variación que depende de la naturaleza de la materia orgánica y de los distintos métodos de determinación. (2)

El contenido de P orgánico aumenta a medida que aumenta el contenido de N y que el PH decrece. Thomson L.M. y otros, encontraron que la relación promedio en un grupo de 50 muestras de suelo, podía ser expresada por la ecuación $p = 0.073N - 82PH + 552$, donde $p = \text{ppm de P}$ y $N = \text{ppm de N total}$. - (3)

(ii) P inorgánico. -

En los fosfatos inorgánicos los iones hidró-

gano del ácido fosfórico se reemplazan por cationes formando sales.(2)

La mayor parte del P inorgánico existe en la fracción arcilla de la cual no puede ser separado fácilmente.- La apatita es la fuente mineral más importante del P del suelo, fué identificada en gran número de suelos.-(3).-

La fluorapatita, es la forma más común y estable de la apatita, es un fosfato de calcio de composición: $Ca_{10}F_2(PO_4)_6$.-

La vivianita, fosfato ferroso: $F_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$; se encontró en cañones de drenaje pobre.-

El fosfato de aluminio conocido como wavelita: $Al_3(PO_4)_2(OH)_3 \cdot 5H_2O$ fué encontrado en las fracciones limo y arena de un suelo de Florida, -EE.UU.-(3).-

Por otro lado, se deben considerar formas químicamente no bien definidas, no bien cristalizadas o amorfas como los fosfatos adsorbidos al complejo coloidal y los ocluidos en los hidróxidos de Al, Fe y Mn a través de un proceso de cristalización y crecimiento.-

Hay que considerar, sin embargo, que apatita, vivianita y wavelita en las fracciones arena y limo, constituyen generalmente solo una pequeña parte del P inorgánico total de los suelos; estando el remanente aún sin identificar.-(4)

Los fosfatos de calcio predominan en suelos jóvenes y disminuyen con el grado de meteorización; en cambio los fosfatos de Al y Fe aumentan hasta un punto en el cual los fosfatos ocluidos pasan a ser las formas más importantes de este elemento.-(2)

También la distribución de los fosfatos inorgánicos depende de la textura, en los suelos arenosos predominan los fosfatos cálcicos y en los arcillosos los fosfatos aluminicos y férricos.-

d.- Pérdidas de P en los suelos.-

(1) Remoción por cosechas.- Se estimó que para EE.UU.,- en total, la cantidad promedio de P retirada por la parte cosechada de los cultivos fué aproximadamente 4kg. por há.-(3). El total de P extraído alcanza tal vez 5-6 kg./há, que es aproximadamente igual al 0.5% del contenido promedio del P en la capa arable del suelo.-

La extracción de P por las cosechas es menor que el N extraído - tanto en términos absolutos como en relación a las cantidades presentes en los suelos.-

(2) Lavado.- Los fertilizantes fosfatados solubles, reaccionan rápidamente con los suelos, de modo que la mayor parte del P agregado queda muy cerca del lugar donde fué aplicado.-

Como consecuencia de la baja solubilidad y el limitado movimiento del P en los suelos, las pérdidas de P por lavado son despreciables en la mayoría de los suelos.-

Probablemente los únicos suelos en los que la pérdida por lavado de P resulte significativa, sea en las arenas y turbas que tienen poca tendencia a reaccionar con el P.-(3)

(3) Erosión.- Se estimó que la pérdida de P por erosión del suelo arable de EE.UU. alcanza un promedio de 10.6 kg./há anualmente.- Esta cifra es mayor que la correspondiente a la pérdida de P en las porciones cosechadas de los cultivos.-

Sin embargo, la anterior comparación no es válida por: (a) la potencialidad de producir cosechas del P en las dos formas no es la misma. El P extraído por las plantas es más eficaz para la misma planta -

que el P perdido por erosión. (b) las pérdidas por erosión y extracción son compensadas en parte. Las pérdidas debidas a extracción por las plantas se compensan parcialmente por el retorno al suelo de algo de P en forma más asimilable que el P existente inicialmente en el suelo. El P orgánico es una parte de la materia orgánica y junto con el N tiende a seguir el "patrón" de acumulación y pérdida de la materia orgánica total. Una pequeña cantidad de P inorgánico es entonces liberada continuamente en el suelo, por el mismo proceso que libera N en forma mineral.-

La fracción de P orgánico puede ser considerada como un depósito fuera del alcance de las plantas, pero del cual el P dreña lentamente a través de la solución del suelo a un segundo depósito, el P inorgánico en la fase sólida, que se intercambia fácilmente con el P en solución.-

Las pérdidas por erosión están compensadas en parte por el P en el nuevo material que se agrega al perfil desde los horizontes inferiores. Si el nuevo P agregado tiene una asimilabilidad igual a la del P perdido por erosión, no hay cambio neto en la disponibilidad de P. Sin embargo, más comunmente, la disponibilidad de P es mucho mayor en la parte superficial de la cual ocurren pérdidas por erosión que en los horizontes inferiores que se convertirán en zona radicular como resultado de la erosión. En este caso decrecerá la disponibilidad de P por erosión.-

c.- Fijación del P en los suelos.-

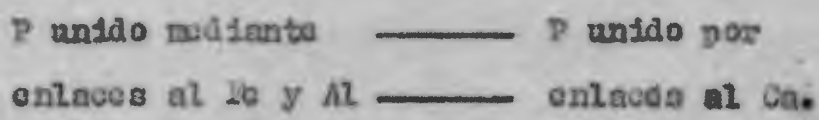
Existen ciertos factores que están gobernando la fijación del P en los suelos (PH; relación Fe, Al o Ca:P; forma de los elementos; su localización; grado de saturación del P del suelo.-)

1.- PH.-

El Ca el Fe y el Al son los principales elementos del suelo que están relacionados con la retención del P y esta retención se da en las partículas más finas del suelo (arcillas) a las cuales estos iones están asociados.-

El grado de retención por cualquiera de estos elementos depende de algunos factores entre los que se encuentra el PH.-

La relación entre las tres formas de fosfato puede expresarse de la siguiente manera:



Por debajo de PH 6.5 el equilibrio se desplaza hacia la izquierda y por encima hacia la derecha.-

Los suelos alcalinos muestran en general una curva de PpH-solubilidad similar a la apatita y los suelos ácidos dan curvas de PpH-solubilidad similar a la de los fosfatos de Fe y Al.-

Se realizó un trabajo sobre retención de fosfato y pH en suelos moderadamente ácidos y tres niveles de fertilización (5II).-

Ya antes, el mismo autor había señalado que la máxima retención de P por Fe, Al y Ca se daba dentro de ciertos rangos de PH; estando los límites superiores de la retención máxima determinados por la proporción P-cación y los inferiores son: PH 2-2.5 para Fe, PH 3.5-4 para Al y PH 6-6.5 para Ca.

Encontré que la máxima retención de fosfatos para los tres casos se dió entre PH 4.0 y 5.0.-No observé un máximo de retención de fosfato a PH 6.5 a 7, que ocurriría si el Ca fuese activo en retenerlo. Esto se debe a que, a pesar de que el Ca está como catión intercambiable, se-

té sostenido fuertemente por un complejo de cationes intercambiables - que no le permiten la retención del fosfato.- (5,I).-

Se encontró que a menos que el complejo de cationes intercambiables estuviera prácticamente saturado con Ca, la retención del fosfato por Ca no se realizaba. (5,II).-

También encontró que cuando el PH se reducía por debajo de 4, había una disolución del P unido al Al y que la retención del fosfato por el hierro sería cada vez mayor; entonces el fosfato liberado del aluminio, era retenido por el Fe activo. Esto ocurrió en un suelo sin agregado de P, pero en el que le agregaron la dosis más alta de P (67 a 90 kg. de P/há. durante 8 años), el fosfato liberado del Al era mayor que el que podía retener el Fe, aumentando entonces el fosfato en solución por debajo de PH 3.5.- (5,II)

El descenso en la retención de fosfatos a PH mayores a 5.0 indica que una mejora en el nivel de P se espera aumentando el PH.-

El Fe y el Al son los principales elementos en la retención del P, siendo mayor el Al activo que el Fe, por lo que el Al se presentaría como el elemento más importante.- (5,II)

El equilibrio del P unido al Fe y Al \rightleftharpoons P unido al Ca, no depende solo del PH, sino que intervienen otros factores que son:

2.- Relación Fe, Al o Ca:P

Al aumentar la relación Fe o Al:P, la cantidad de fosfato en solución es menor y la solubilidad mínima del fosfato se extiende a un PH más alto.- (5,I)

La extensión del mínimo de solubilidad del fosfato, en la escala de PH, depende de la cantidad de fosfato en el sistema y se puede agrandar

gar suficiente fosfato para aumentar el fosfato en solución y determinar el PH de la solubilidad mínima del fosfato. Estas condiciones se alcanzan, con valores muy altos de fosfatos, superiores a los usados comúnmente en la fertilización.-

3.- Forma de los elementos.-

1) Hierro y Aluminio:

Los óxidos hidratados de Fe y Al y los minerales de arcilla son capaces de remover grandes cantidades de fosfatos de la solución y retenerlos.-(5,1).-

ii) Calcio:

La retención de fosfato se realiza en presencia de carbonato de calcio y se considera que es por precipitación cerca de la superficie, por disociación de los iones de calcio del carbonato.-

Concluye que por encima de PH 6.5 el fosfato puede ser precipitado por el calcio del complejo de intercambio. Si la capacidad de intercambio catiónico no está totalmente saturada y la concentración de fosfato no es excesiva, el calcio intercambiable no retiene fosfato aún a PH 7 a 8.- (5,1)

Se puede decir entonces que en suelos ácidos, por debajo de PH 6.5 el fosfato inorgánico secundario es principalmente de Fe y Al. Parece que en estos suelos, a pesar de altos contenidos de calcio intercambiable que aumentaría la retención de fosfato, no se necesitarían uniones específicas fosfato a calcio.-

La retención de fosfato por calcio puede ocurrir en suelos por -

encima de PH 6.5, por reacción con iones calcio en solución, derivados del carbonato de calcio y el complejo de intercambio catiónico.-

4.- METEORIZACION.-

A medida que aumenta la temperización aumenta la fijación.- (4).-

5.- Grado de saturación de P del suelo.-

Cuanto mayor es el porcentaje de saturación de la capacidad de fijación de P del suelo, mayor será la disponibilidad del P para las plantas y la eficiencia de agregados posteriores de P al suelo. Esto implica que altas cantidades iniciales de P aplicado pueden resultar en mayores efectos residuales.- (4)

f.- concentración y renovación.-

En las discusiones teóricas sobre evaluación o disponibilidad de P se hacen frecuentes referencias a los aspectos de "intensidad" y "capacidad" o "cantidad" de suministro de P del suelo.-

El factor intensidad normalmente es identificado con la concentración de P en la solución y el factor capacidad con alguna cantidad de P lábil que incluye el P en solución y una porción del P en la fase sólida del suelo.- (3).-

Hasta un cierto límite, la absorción de P y el crecimiento de las plantas en soluciones de cultivo, aumenta con la concentración de P en la solución.-

Si el P absorbido por las plantas que crecen en los suelos pro--
vienen de la solución del suelo, se puede inferir que hasta un cierto lí--
mite, la absorción de P y el crecimiento de las plantas en suelos aumen--
ta con la concentración de P, mantenida en la solución del suelo.-

Una característica muy importante a tener en cuenta es que el fac--
tor intensidad es muy bajo y debe reponerse continuamente.-

Trabajos realizados en EE.UU. han determinado que si una cosecha--
absorbe 10 kg. de P/há., desde la superficie hasta una profundidad de 60
centímetros, la solución del suelo contiene en un cierto momento 4/1000
del total. Concluyen que si la absorción y renovación del P en la solu--
ción del suelo tuviera lugar alternativamente, con completa remoción y--
completa renovación en cada ciclo, la fase sólida requeriría reponer el
P de la solución del suelo 249 veces durante el crecimiento del culti--
vo. Si el cultivo crece durante 120 días el P de la solución del suelo--
será reemplazado en promedio dos veces por día.-

Se debe considerar sin embargo, que aunque la absorción de P del--
suelo probablemente tiene lugar lentamente sobre la mayor parte del --
sistema radicular, la absorción más activa se realiza cerca del casque--
te de la raíz.-

Aunque la renovación del P en la solución del suelo pueda ser e--
sencial, la velocidad a la que ocurre ese proceso parece ser suficiente--
mente rápida como para mantener la concentración a nivel de equilibrio
a pesar de la absorción por las plantas.-

Debido que en la mayoría de los suelos, la concentración de P en --
la solución está en el rango en el cual la concentración limita la to--
ma, la concentración parece ser más importante que la velocidad de rep--
osición, en controlar la relación de absorción de P por las plantas.-

Se ha establecido experimentalmente con P radioactivo al principio de que los iones fosfato inorgánicos de la solución del suelo, se están intercambiando continuamente con los iones fosfato inorgánicos retenidos por la fase sólida del suelo.-

Cuando las plantas absorben fosfato de la solución del suelo, ellas no devuelven un número igual de iones fosfato, por intercambio. Esto perturba el equilibrio que existía previamente entre el P de la fase sólida y el de la solución.-

Hasta que el equilibrio no se restablece, los iones fosfato dejan la fase sólida más rápidamente de lo que regresan a ella, siendo reemplazados por otros aniones tales como carbonato, silicato o hidroxilo.-

La consecuencia neta de este disturbio es que la solución se ve muy disminuida en P, pero no en la misma cantidad de P quitada, porque hay un aporte de la fase sólida a la solución. En el proceso naturalmente, la concentración de P en la solución adyacente a las raíces puede ser sustancialmente por debajo del valor de equilibrio final.-(3)

C.- SUELOS.-

La región de suelos basálticos cubre aproximadamente el 21% del territorio nacional y son conocidos los serios problemas que se presentan para el incremento de la productividad ganadera de la región, -(14)

Los problemas tecnológicos limitantes del desarrollo de la ganadería en esta región están asociados a las características de los suelos superficiales predominantes, así como a las características del clima, la vegetación y las condiciones agroeconómicas de la producción. (14)

Estos factores determinan el potencial productivo de la región - en cuanto a disponibilidad de forraje para su utilización por vacunos y lanares.-

La heterogeneidad de los suelos basálticos en cuanto a profundidad es notoria.- Se encuentran asociados suelos profundos, de profundidad intermedia y muy superficiales. La proporción estimada es que el 82% del área basáltica corresponde a suelos superficiales y el 18% a suelos de profundidad media a profundos.- (14)

2.- ESPECIES VEGETALES.-

En el grupo de especies normalmente encontradas conformando el * tapiz vegetal de los suelos superficiales (litosol) y profundos (pradera negra) basálticos hay anuales, perennes; con ciclo invernal, estival o indefinido.-

a.- Anuales.-

Las especies anuales son intersticiales típicas, desarrollándose exclusivamente en los claros que dejan las perennes. Tienen la particularidad de un rápido crecimiento primario, completando el desarrollo y madurez de las semillas en el corto plazo.-(15)

b.- Perennes.-

Las especies perennes demoran más de un año en producir semillas; las yemas de renuevo se forman a nivel de la superficie del suelo.- Tienen gran aptitud conservadora del suelo. (15)

c.- Ciclo anual.-

La caracterización de los dos grupos fundamentales: invernales y estivales, considera los periodos productivos e improductivos, que corresponden con la actividad y reposo vegetativo. Se hace referencia solo al verano o invierno, puesto que en otoño y primavera las especies importantes están activas.(15)

1.- Especies de ciclo invernal.-

Se caracterizan por mostrar actividad vegetativa en el invierno, aunque ocurran heladas. Brotan después de lluvias de fines de febrero-marzo. En general el período de germinación se extiende de marzo a mayo para las distintas especies; con una fluctuación de 15 días antes y 15 días después, en las anuales, y fluctuaciones mucho mayores en las perennes.-

El vigor de las especies es afectado por el clima, la intensidad de crecimiento disminuye algo en períodos muy fríos. La intensidad de crecimiento y producción de forraje tiene un máximo en primavera.-

Las especies perennes invernales pueden mostrar alguna actividad vegetativa en veranos lluviosos y frescos.-

Las especies invernales florecen desde principios de primavera, - octubre principios de noviembre, madurando a fines de noviembre fines de diciembre.- (15)

2.- Especies de ciclo estival.-

Muestran actividad vegetativa en veranos normales. La actividad se inicia con la brotación de setiembre -octubre, según las diferentes especies, con un vigor máximo desde fines de octubre hasta principios de diciembre.-

La germinación de las especies anuales estivales alcanza su máxima intensidad en noviembre, retrasándose en topicos altos y densos, influyendo los factores climáticos adversos.-

La germinación de las especies perennes estivales es menos definitiva.-

La intensidad de crecimiento estival depende de la humedad, pero es mayor que en el grupo de invernales. La intensidad de crecimiento y

producción de forraje es máxima en marzo y abril, y desde fin de enero a febrero en veranos llovederos. El crecimiento cesa en mayo -junio.-

Los pastos estivales florecen desde octubre y maduran la semilla desde diciembre hasta abril, o desde noviembre hasta junio en algunas especies. Se encuentra en las diferentes especies distinto grado de reposo.- (15)

3.- Especies de ciclo indefinido.-

Estas especies prosperan igualmente en los períodos secos estivales como en los períodos fríos del invierno.-

Pueden tener floración primaveral intensa, "babosita" (*Adesmia bicolor*).- (15)

d.- Tipos productivos.-

La determinación precisa de las cualidades de las especies forrajeras presentes en el tapiz natural es de muy difícil ejecución.- (15)
El rendimiento es difícil de apreciar en las especies muy apocadas.-

Un primer problema es entonces la productividad de las especies en la asociación. En los campos a los que se les ha retirado los animales, durante los primeros meses posteriores se distinguen las especies de mayor vigor.-

El conocimiento sobre el crecimiento, desarrollo y multiplicación, se obtiene observando chacras y rastros, resultando muy instructivo en tales aspectos el cultivo de las especies.- (16)

La apetecibilidad es fácil de constatar en especies como: "pata de gallina" (*Paspalum dilatatum*), "cola de lagarto" (*Rotboellia selleana*) en los casos negativos como "oreja de ratón" (*Dichondra repens*) y en casos intermedios en que son comidas las hojas y despreciados los tallos como ocurre con la especie *Stipa neesiana*.

Hay unas cuantas especies que parecen ser comidas solo cuando no se encuentran mejores pastos como ocurre con el "pasto ilusión" (*Eragrostis lugens*), *Aristida* sp., etc..- (16)

Resulta entonces que la valoración de los pastos nativos se basa en una síntesis intuitiva de todos los detalles de rendimiento, apetecibilidad, aspecto, apreciados por juicio comparativo.-

Las semejanzas de las especies que componen un mismo grupo son parciales.-

Los tipos productivos se establecen, de acuerdo a los problemas agrostológicos de Juan Jackson (15) y son: 1.- pastos duros; 2.- hierbas y pastos ordinarios; 3.- hierbas y pastos tiernos; 4.- hierbas y pastos tierno-duros; 5.- hierbas y pastos finos; 6.- malas hierbas.-

1.- Pastos duros.-

Estos pastos presentan una acumulación abundante y perenne de restos secos y pajizos de tallos y hojas, destaca sobre el tapiz. La base de la mata suele ensancharse, y acumula tierra en el centro denominándose entonces maciega. Los renuevos jóvenes son defendidos así del diente y del pisoteo. Las maciegas crecen en la periferia ahogándose la brotación central por el apretado exceso de res

tas pajizas. El crecimiento periférico evoluciona posteriormente en un fraccionamiento, formándose entonces un grupo de varias nacidas.-

Los pastos duros se presentan también en estado tierno, cuando jóvenes, creciendo alguno de ellos entremesclados en el tapiz. Las formas jóvenes y tiernas del "espartillo" (*Stipa charruana*) son abundantes, pero pasan inadvertidas, pero basta la acumulación de restos secos de un año para que se inicie el enmaciegamiento.-

La cualidad de pasto duro se debe distinguir del endurecimiento general, que ocurre en todos los pastos.-

La especie más característica y abundante es el "espartillo" (*Stipa charruana*); también son comunes la *Stipa trichotoma* y el "paso serrucho" (*Holcus macra*). Todas estas especies tienen ciclo invernal.-

Las pajas tienen el segundo lugar después del espartillo y en su establecimiento considerado por el autor cubren una superficie considerable. Se densifican en manchones, formando los pajonales de las costas de arroyos y cañadas. Son predominantes la paja nana (*Paspalum quadrifarium*, *P. exaltatum*). Las demás especies de pajas se encuentran solo en campos bajos y uliginosos.-

Los tipos de paja más comunes son: paja brava (*Panicum prionitis*) espartillo (*Andropogon lateralis*), paja colorada (*Schyzachyrium condensatum*), paja estrelladora (*Brianthus angustifolius*) y la paja cortadera (*Cortaderia selloana*). Todas las especies de paja citadas anteriormente tienen de común el ciclo vegetativo estival.-

2.- Hierbas y pastos ordinarios.-

Acumulan hojas y tallos secos sin destacar sobre el tapiz; se consideran pastos duros del mismo. Son de aspecto grueso; de mala calidad e incapaces de engordar vacunos. Las especies-

de ciclo invernal son comidas principalmente en los meses fríos, y las de ciclo estival son comidas durante los meses secos del verano, en dichas épocas ocurren generalmente las crisis forrajeras.-

Seguindo la clasificación del autor (15), las hierbas y pastos ordinarios se pueden dividir en: ordinarios productivos, ordinarios poco productivos y ordinarios improductivos.-

Los ordinarios productivos se comportan como tiernos en los rastros recargados y en las praderas fuertemente degradadas, siendo comidas allí durante los períodos de crecimiento. Resultan útiles, sobre todo para los lanares, en las estructuras semidegradadas que predominan en los campos de rastrojo, donde escasean las tiernas y finas. Un ejemplo de este tipo productivo son: *Piptochaetium stipoides*, *P. montevidense*.-

Los ordinarios poco productivos son intermedios, de rendimiento bajo, las más características son: *Andropogon ternatus*, *Aristida murina*, *Aristida uruguayensis*, *Briza subaristata*, *Cynodon dactylon*, *Bouteloua mogapotámica*, *Eleusine tristachya*, *Eragrostis lugens*, *Sporobolus indicus*.-

Los ordinarios improductivos comprenden las especies de altura y rendimientos mínimos. Las especies más características son: *Aristida vomitula*, *Chloris ciliata*, *Hordeum pusillum*, *Schyzachyrium plumigerum*, *Melica brasiliana*, *Stipa papposa* y *Vulpia australis*.-

3.- Hierbas y pastos tiernos.-

Se caracterizan por ser apocados, tener porte y rendimientos variables y por producir forraje de mediana calidad. El forraje puede acumularse en aquellos potreros que no tengan ganado y sus restos secos se descomponen con facilidad con el pisoteo de los animales. Encontramos las siguientes especies: Invernales perennes *Agrostis montevidensis*, *Briza brizoides*, *Bromus auleticus*, *Calamagrostis*-

vidensis, Stipa hialina, Trifolium polymorphum. - Estivales perennes
complanatus, Axenopus argentinus, Stenotaphrum secundatum, Chloris
sambucina, Panicum milioides, Paspalum notatum, Paspalum proliferum, Rotbo-
llia scolloana, Solidago chilensis. - Invernales anuales: Erisa minor, Me-
dicago minima, Melilotus (Medicago) indicus, Phalaris platensis, Poa annua. -

4.- Hierbas y pastos tierno-duros.-

Es aquel grupo de pastos tiernos, de produ-
cción mediana o alta, normalmente útiles y apetecidos, que endurecen los
tallos cuando abundan. Este grupo es intermedio entre los tiernos y los
ordinarios productivos. Se destacan las siguientes especies: Estivales
Digitaria sanguinalis, Panicum bergii, Paspalum plicatulum, Setaria geni-
calata, Sorghastrum pellitum. Invernales Piptochastium bicolor, Stipa nee-
siana. -

5.- Hierbas y pastos finos.-

Tienen calidad definitivamente superior, son
los más engordadores, productivos y apetecidos. Los restos secos se acu-
mulan en los campos muy aliviados o sin pastoreo. El endurecimiento se
produce desde la maduración de la semilla. - Son las siguientes especies
Invernales perennes Bromus unioloides, Poa lanigera. - Invernales anuales
Avena fatua, Lolium multiflorum, Medicago arabica, Medicago polymorpha. -
Perenne de ciclo indefinido Adesmia bicolor. - Estivales anuales Digi-
taria sanguinalis, Echinochloa crusgalli. -

El Paspalum dilatatum tiene buena calidad y da altos rendimientos
en las invernales de fines de primavera hasta principios de otoño, pero
sus tallos se endurecen cuando se lo pastorea en forma aliviada, y per-

6.- Malas hierbas.-

Son consideradas por el autor, aquellas plantas no gramíneas, que tienen muy poca o ninguna utilidad; son útiles cuando se defienden al suelo del pastoreo abusivo.-Las malas hierbas de alto porte forman los campos sucios. Las malas hierbas de mediano porte vegetan en el tapiz o forman campos sucios, según su abundancia y según el manejo del campo. El enanismo caracteriza a un grupo importante de malas hierbas. Todas las plantas tienen la facultad de reducir sus dimensiones en mayor o menor grado, lo que les permite completar sus funciones vegetativas y reproductivas en lugares desfavorables.

Los factores práticos que ocasionan el enanismo son principalmente la pobreza y el apretamiento del suelo, y la alta intensidad de pastoreo. Las variaciones del enanismo se relacionan, además, con las variaciones climáticas y con la competencia de las plantas más altas o más vigorosas.-

2. - EL BALANCE HIDRICO DE LOS SUELOS

El conocimiento de la variación de las condiciones de almacenaje de agua de los suelos es de gran importancia para interpretar el comportamiento de los cultivos como del campo natural.-(17)

El agua disponible para el crecimiento de las plantas es el resultado del balance final entre el agua recibida por la precipitación, el agua evaporada desde el suelo y desde los vegetales, el agua infiltrada en el suelo y el agua que escurre en forma superficial.-

El agua disponible para las plantas depende, por lo tanto, de factores climáticos y de la capacidad de los suelos para almacenar y liberar agua.-

La capacidad de almacenaje de agua del suelo para el desarrollo de las plantas se expresa como la cantidad de agua en mm. que el suelo puede retener hasta la profundidad de arraigamiento de las plantas.-

En los suelos superficiales el principal factor que determina la capacidad de almacenaje es la profundidad a la que se encuentra la roca madre.-

La existencia de subsuelos impermeables puede disminuir la profundidad de arraigamiento de la vegetación y limitar por lo tanto la capacidad de almacenaje de agua.-

También las condiciones físicas, determinadas por el tamaño de las partículas y la estructura del suelo afectan la capacidad de almacenaje de agua.-

Durante el verano, promedialmente, las necesidades de agua o demanda atmosférica del agua almacenada en el suelo, alcanzan a 10 mm/día. (17)

Los suelos superficiales y muy superficiales de basalto tienen una capacidad máxima de almacenaje de agua menor a 100 mm. Los suelos profundos de basalto con texturas pesadas, tienen una capacidad máxima de almacenaje de agua mayor a los 400 mm. - (17)

Los elementos que se toman en cuenta para la determinación del balance de agua en el suelo son la precipitación, la evapotranspiración potencial, la evapotranspiración real, el exceso de agua y el déficit de agua; todos estos elementos se expresan en mm.

La evapotranspiración potencial indica la necesidad o demanda de agua de la atmósfera, se estima por medio del método de Thornthwaite y Mather; este método permite estimar las necesidades de agua de las plantas en función de la temperatura y la longitud del día. Es directamente dependiente del clima como la precipitación. -

La evapotranspiración real indica la cantidad de agua efectivamente perdida por el suelo hacia la atmósfera. Este elemento depende además, de las características físicas del suelo, tales como textura, estructura y profundidad. Depende entonces del contenido real de agua del suelo, su valor será entonces igual o inferior a la evapotranspiración potencial. -

Los suelos superficiales tienen una evapotranspiración real menor que la evapotranspiración real de los suelos profundos. -

El exceso de agua representa la cantidad de precipitación que no es retenida por el suelo, luego que este ha llegado a su máxima capacidad de almacenaje. -

La deficiencia de agua representa la cantidad de agua que falta -

en el suelo para satisfacer la demanda de la evapotranspiración potencial, depende también de las características de los suelos.-

El suelo superficial basáltico presenta un déficit de alrededor de los 50 mm. en el año.-

El suelo profundo o de profundidad intermedia tiene un déficit comprendido entre 25 y 50 mm. anuales.-

3.- MATERIALES Y METODOS.-

Los datos para este estudio se obtienen a partir de ensayos de fertilización del campo natural instalado a partir de 1971 (23) con el objetivo de evaluar la respuesta estacional del mismo a la fertilización mineral N P en un suelo superficial y en uno profundo sobre basalto.-

A.- SUELOS.-

Los ensayos se instalaron en suelos ubicados en el paraje Laureles en el Departamento de Salto.-

El material geológico corresponde a lavas de Arapey (18) y los suelos son: a) LITOSOL y b) PRADERA NEGRA. Algunas propiedades físicas y químicas de estos suelos aparecen en el Cuadro I (apéndice).-

B.- TRATAMIENTOS Y DISEÑO ESTADÍSTICO.-

El diseño experimental utilizado fué el central compuesto para dos variables modificado por Voss y Posck (1967) (19) que consiste en trece tratamientos que combinan cinco niveles de N y cinco niveles de P. Los tratamientos fueron agrupados en bloques al azar con dos repeticiones por sitio.-

Las dosis utilizadas fueron:

N (0; 80; 160; 240; 320.) unidades por há.

P_2O_5 (0; 80; 160; 240; 320.) unidades por há.

El cuadro 2.- muestra los tratamientos utilizados.-

CUADRO 2.- Dosis de fertilizantes y sus correspondientes combinaciones en los distintos tratamientos.-

Tratamiento	N	P_2O_5
	kg./há	
1	80	80
2	80	240
3	240	80
4	240	240
5	160	160
6	0	160
7	320	160
8	160	0
9	160	320
10	0	0
11	0	320
12	320	0
13	320	320

Las fuentes fertilizantes fueron Urea (46% de N) y superfosfato-triple de calcio (47% de P_2O_5 , soluble)

2.- OPERACIONES DE CAMPO.-

a.- En cada sitio, previo a la instalación de los ensayos - se hizo un muestreo de suelo con vistas a evaluar las condiciones de -

fertilidad inicial de los mismos. En cada repetición se hicieron de 20 a 30 tomas que se integraron en una muestra.-

b.- Los fertilizantes fueron aplicados en cobertura sobre parcelas de 4 por 6 mt.-

c.- La cosecha se realizó con pastora Holder. De cada parcela se cosecharon 8 mt.² al haberse dejado 1 mt. de borde.-

El rendimiento de forraje fué determinado en kg. de materia seca (M.S.) por hectárea, para lo cual se tomó una submuestra del rendimiento de la parcela, se seco a estufa a 70°C durante un período aproximado a las 48 hs.-

Un esquema cronológico de las operaciones de campo aparece en el cuadro 3.-

CUADRO 3.- Fecha de fertilización, fecha de corte de estación, corte para estimar el efecto residual y días de crecimiento para los dos suelos basálticos.-

Suelo	Fecha de fertilización	Corte de estación	Corte para estimar el efecto residual	Días de crecimiento
Litosol	6/6/71	18/9/71	13/6/72	269
Pradera Negra	1/6/71	12/9/71	6/6/72	268

d.- Se realizaron medidas de composición botánica por el método de punto cuadrado, con agujas inclinadas a 45°, realizándose dos toques con cada aguja, a fin de muestrear el tapiz a dos alturas diferentes.-

e.- Se tomaron datos de lluvia y temperaturas en la Estación San Antonio, distante aproximadamente 20 km. del sitio experimental.-

f.' Los análisis estadísticos se realizaron de acuerdo a Anderson y Bancroft (1952) (20) y consistieron en:

a) un análisis de variancia con el objeto de estimar el efecto tratamiento y repeticiones en la producción de forraje, luego

b) se ajustaron los datos a una ecuación polinomial cuadrática con interacción de primer orden de acuerdo al modelo:

$$y = b_0 + b_1N + b_2P + b_3N^2 + b_4P^2 + b_5NP + e$$

donde: y = rendimiento estimado de forraje en tt/há

N = kg./há de N

P = kg./há de P_2O_5

Las ecuaciones de regresión obtenidas fueron evaluadas en base a:

- i) la significación global del modelo, dado por el valor F de la regresión y el coeficiente de determinación R^2

$$R^2 = \frac{S.C.R.}{S.C.T.}$$

- ii) la significación de los coeficientes parciales de regresión de los distintos términos del modelo dados -- por la prueba t .-

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando un programa standard IBM (STEPR) en una computadora IBM 360 del Centro de Computación de la Universidad de la República.-

g.- Las muestras de suelo fueron secadas al aire y tamizadas - (2 mm de diámetro).-

En las mismas se efectuaron las siguientes determinaciones: (Laboratorio de Fertilidad de suelos. Facultad de Agronomía): i) PH.- Se determino usando una relación suelo-agua 1:2.5, agitando la mezcla un minuto y dejando estacionar treinta minutos. Midiéndose el PH en la suspensión del suelo.- ii) Materia orgánica.- Se determinó usando el método de Walkley-Black. Es un método por vía húmeda, por oxidación en frío con H_2SO_4 y $K_2Cr_2O_7$.-iii) P asimilable.- La solución extractiva utilizada consiste en una mezcla de NH_4 0.03N y HCl 0.025N. La determinación por colorimetría se basa en la medida de la intensidad del color azul del producto de reducción del ácido molibdofosfórico producido mediante reducción selectiva con cloruro estagnoso.-

Los datos de textura ,Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y óxidos utilizados corresponden a los datos analíticos de perfiles típicos de suelos profundo y superficial sobre basalto que se registran en la Dirección de Suelos y Fertilizantes (H.A.P.).-

CONCLUSIONES Y DISCUSION.-

1.- CONCLUSIONES PRELIMINARES.-

a.- Suelos.-

1.-Litosol.- Las características del suelo superficial donde se instaló el ensayo (Laureles, Dpto. Salto) son las siguientes: La profundidad de este suelo es de 20 cm., pero se puede encontrar hasta 40 cm. en la zona. De color negro a pardo muy oscuro. Textura franco limosa pesada con gravillas de basalto en todo el perfil. El PH en el sitio del ensayo alcanzó un valor de 6.2.-

La C.I.C. es de 42.9 miliequivalentes/100 gr. y el porcentaje de saturación alcanza el 37%; con un contenido de materia orgánica con un valor alto 6.1%. El elevado tenor de materia orgánica y de la fracción arcilla dan la C.I.C. alta.-

El nivel de P es muy bajo en estos suelos, ocurriendo fijación del mismo (5.3% de Fe_2O_3).-

Ver CUADRO I (Apéndice)

2.-Pradera negra.- Las características del suelo profundo donde se instaló el ensayo (Laureles, Dpto. Salto) son las siguientes: El material madre de estos suelos es el mismo del litosol pero alterado a mayor profundidad.- Son suelos de color negro, textura pesada y un grado de diferenciación mínimo a medio, sucesión de horizontes A-B-C, con transición gradual entre ellos.- La estructura está fuertemente desarrollada, granular a gruesa en el A, bloques en el B.-

El contenido de materia orgánica es alto, 6.8 en el horizonte A - disminuyendo en profundidad.- El drenaje es moderado a algo pobre.-

El contenido de P es muy bajo.-

b.- Condiciones de crecimiento.-

En el apéndice (Cuadro II, Gráfica C) se encuentran los datos de lluvias, temperaturas y gráficas de evapotranspiración real, potencial; precipitación y déficit de agua.-

La cantidad de lluvia anual fué de 839 mm en el período en consideración, menor en 536 mm. que el promedio de 28 años resultando en una limitante para el crecimiento.-La distribución de la lluvia en las diferentes estaciones fué bastante uniforme. En la gráfica I se pueden ver los valores promedio de 20 años de precipitación y evapotranspiración de suelos superficiales y profundos.- Las mayores precipitaciones se observan en otoño y primavera. En cambio, la evapotranspiración es máxima en verano y mayor que la precipitación registrada en esa estación, existiendo por lo tanto deficiencia de agua.-

Comparando el suelo superficial con el profundo, se observa que existe un marcado déficit en verano en los suelos superficiales debido a la escasa capacidad de almacenaje de los mismos y que esa diferencia es mayor que para los suelos profundos. El suelo superficial presenta un déficit de alrededor de los 50 mm en el año. (17). En cambio los suelos profundos o de profundidad intermedia tienen un déficit comprendido entre los 25 y 50 mm.- (17)

El comienzo de la deficiencia de agua aparece antes en el verano en los suelos superficiales que en los suelos profundos y también los suelos superficiales alcanzan la saturación en el otoño antes que los suelos profundos.-

Los suelos superficiales y muy superficiales de basalto tienen una capacidad máxima de almacenaje de agua menor a 100 mm; los suelos -

profundos basálticos con texturas pesadas, tienen una capacidad máxima de almacenaje de agua mayor a los 400 mm..- (17)

c.- Composición botánica del tapiz.-

En el apéndice aparecen los cuadros con los porcentajes, ciclo y tipo productivo de las especies encontradas para los dos suelos en consideración: litosol y pradera negra.- (Cuadros III y IV)

1.- Litosol.- (Cuadro III)

Se encontraron en este suelo 29 especies, tres corresponden a la familia de las leguminosas, correspondiéndoles porcentajes muy bajos.-

Se describen a continuación las principales especies teniendo en cuenta los trabajos (15), (16), (17), (18).-

+Chloris caenensis var. bahiensis. (17.91%)

Pasto tierno, perenne de ciclo estival. Abunda en los campos pero florece poco. Ordinario, medianamente apotecado, poco productivo.

+Piptochaetium stipooides. (8.16%)

Pasto ordinario, productivo, apotecado, perenne de ciclo in vernal. Flechilla medianamente ofensiva poco abundante en relación a la superficie que ocupa. Es una de las gramíneas invernales perennes del tapiz más abundantes, es de las primeras que se establecen en la regeneración y de las últimas que quedan cuando ocurre la degeneración. Reposa durante los veranos secos y continúa brotando con baja intensidad cuando son lluviosos, florece en veranos húmedos pero con baja intensidad.-

+Piptochaetium montevidense (7.16%)

Perenne invernal. Frecuente. Pasto ordinario, medianamente apetecido, poco productivo.-

+Botriochloa laguroides. (5.91%)

Perenne estival. Campestre abundante. Pasto ordinario, medianamente apetecido, poco o medianamente productivo. Tierno a duro.-

+Aristida uruguayensis. (5.16%)

Perenne invernal poco definida. Frecuente en campos virgenes. Pasto ordinario, poco apetecido, poco productivo.-

+Paspalum notatum. (4.91)

Perenne estival, con estolones cortamente cundidores, tapiza bajo. Tierno, apetecido, productivo.-

+Stipa neesiana var. neesiana. (3.75%)

Perenne invernal, pasto tierno a duro, apetecido, medianamente productivo.-

+Phalaris platensis. (3.58%)

Pasto tierno, poco productivo, anual de ciclo invernal, apetecido.-

+Rotboellia selboana. (3.33%) "cola de lagarto"

Perenne estival, abunda en campos virgenes, pasto tierno apetecido, productivo.-

+Schyzachyrium spicatum. (2.83%)

Perenne estival, ordinario, improductivo.-

+Eragrostis virescens. (2.58%)

Estival.-

+Briza minor. (2.41%) "pastito de Dios"

Anual invernal, frecuente en lugares diversos, pasto tierno, apetecido, producción insignificante hasta enana.-

Las leguminosas encontradas son:

+Trifolium polymorphum. (0.16%) "trébol rosado"

Tierna, perenne, estolonífero, de ciclo invernal. Abunda en los campos. Prospera durante el invierno y con mayor abundancia en las praderas degeneradas, disminuye en cambio en las estructuras densas de pastos altos. -+

+Adesmia bicolor. (0.75%) "babosita"

Tierna, estolonífera y paquiriza, perenne de ciclo indefinido. Muy común en campos de rastrojo y vírgenes. Activa en todas las estaciones. -

+Dogmatius depressus. (0.16%)

Ordinaria, poco productiva, estival. Común en campos y rastrojos. -

Las malezas están presentes en un 9.16% y el *Cyperus* en un 3.75%.

Las especies estivales están presentes en un 43.17% y las invernales en un 31.69%. -

2.- Pradera negra.- (Cuadro IV)

Fueron encontradas 30 especies conformando el tapiz de la pradera negra. La importancia de cada una la vemos reflejada en el Cuadro IV del apéndice. -

Se describen a continuación las especies más importantes que no aparecen en el litosol. Las especies estivales están presentes en un 62.76% y las especies invernales en un 23.88%. -

Para esta descripción también se tuvieron en cuenta los trabajos (15), (16), (17), y (18). -

+Andropogon ternatus. (11.6%)

Pasto ordinario, perenne de ciclo estival. Es común en cam

pos vírgenes y rastros antiguos. Tierno, medianamente apetecido, medianamente productivo.-

+Aristida venustula. (8.25%)

Pasto ordinario, perenne de ciclo invernal poco definido. Es frecuente en campos vírgenes y de rastrojo antiguo. Ordinario - poco apetecido, rendimiento insignificante.-

+Paspalum dilatatum. (5.42%) "pata de gallina" "pasto - miel"

Pasto perenne estival. Vive en lugares variados. Abunda en muchas zonas del país. Pasto fino-duro, engordador, apetecido antes de envejecer, muy productivo en suelos fértiles y profundos. Es uno de los pastos productivos que demora más en extermiarse, en las degeneraciones pratenses. Tiene baja producción de semillas.-

+Lolium multiflorum. (2.08%) "raigrás" "cola de sorro"

Pasto fino anual de ciclo invernal. Vive en lugares muy variables, domina en los rastros desde mayo hasta diciembre, y en los campos es abundante sin el carácter dominador. Sensible a las secas de otoño e invierno. Un alivio del pastoreo en Noviembre-Diciembre asegura una buena regeneración espontánea.-

+Bragrostis lugens. (1.5%) "pasto ilusión" "paja voladora"

Perenne de ciclo estival, pasto ordinario poco productivo. Abunda en campos degradados, pedregales, campos de rastrojo.

+Deyeuxia splendens. (1.5%)

Pasto tierno, perenne, de ciclo invernal poco definido. Campestre poco frecuente. Apetecido, poco productivo.-

+Briza subaristata. (1.25%)

Pasto tierno, aunque áspero al tacto, perenne de ciclo invernal. Es raro y poco productivo.-

Entre las malezas presentes en el tapiz se han encontrado:

+Dichondra renens. "oreja de ratón"

Perenne, enana, de estolones semienterrados cundidores, - ciclo indefinido. Constituyente característico de estructuras degeneradas.-

+Oxalis "macachín"

Planta bulbosa enana, ciclo invernal. Común en campos -- vírgenes bien conservados.-

+Baccharis coridifolia. "mío-mío"

Planta con raíces gruesas+ y profundas, tallos radicantes, en parte perennes y en parte anuales, formando unanasa aérea que llega hasta 1 mt. de diámetro en los ejemplares más vigorosos. Los tallos muestran actividad vegetativa de ciclo estival; florece en febrero marzo y sazona en marzo-abril, hasta mayo. La actividad cesa con las primeras heladas. Esta maleza es agresiva en los campos recargados prolongadamente dado que los animales no la tocan. Es considerable la superficie que inutiliza.-

+Eryngium nudicaule. "cardo corredor"

Maleza de roseta enana, perenne invernal. Constituyente típico de estructuras de degeneración avanzada.-

B.- PRODUCCION DE FORRAJE.-

a.- Suelo superficial (Litosol)

En el cuadro 4 se presentan los kg. de materia seca (M.S.) por hectárea producidos durante los 9 meses en cada uno de los tratamientos experimentales.-

Cuadro 4.- Rendimientos promedio en kg./M.S./há para los diferentes tratamientos.-

N	P ₂ O ₅	Primavera-Verano-Otoño (9 meses)	
		M.S.	kg./há
80	80		2170
80	240		2316
240	80		2485
240	240		2595
160	160		1977
0	160		1552
320	160		2517
160	0		3013
160	320		2181
0	0		1748
0	320		1738
320	0		1847
320	320		2825

A partir de los datos del cuadro anterior se realizó un análisis de variancia, para conocer el efecto de los tratamientos fertilizantes sobre la producción de forraje. Los resultados aparecen en el cuadro 5.

Cuadro 5.- Análisis de variancia para rendimientos de forraje en los 9 meses de crecimiento.-

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Bloques	1	391955	0.92 N.S.
Tratamientos	12	39634	0.09 N.S.
Error	12	428091	

N.S. no significativo.-

Tanto el efecto bloque como el efecto tratamiento para este suelo (litosol) no alcanzan niveles de significación.-

b. Suelo profundo (pradera negra).-

En el cuadro 6 se presentan los kg. de M.S./há producidos durante los 9 meses en cada uno de los tratamientos experimentales. (pág. siguiente)

Cuadro 6.- Rendimientos promedio en kg./M.S./há para los diferentes tratamientos.-

N	P ₂ O ₅	Primavera-Verano-Otoño (9 meses)	
		M.S.	kg./há
30	80		4304
30	240		3573
240	80		3623
240	240		3331
160	160		3609
0	160		2724
320	160		3063
160	0		3415
160	320		4313
0	0		3067
0	320		2629
320	0		2302
320	320		3496

A partir de los datos del cuadro anterior se realizó un análisis de variancia para ver el efecto de los tratamientos sobre la producción de forraje; los resultados aparecen en el cuadro 7.-

Cuadro 7. Análisis de variancia para rendimientos de forraje en los 9-meses de crecimiento.-

F.deV.	G.de L.	C.M.	F
Bloques	1	223025	0.54 N.S.
Tratamiento	12	907330	2.20 ++
Error	12	412445	

++ $p < 0.10$

N.S. no significativo

En este suelo el análisis de variancia indica que hubo efecto significativo de los tratamientos al 10% de nivel de probabilidad.-

No hubo en cambio diferencias significativas entre repeticiones.-

A fin de cuantificar en forma adecuada la respuesta al suministro de N y P se ajustó el modelo propuesto para el ensayo. La ecuación de regresión obtenida aparece en el cuadro B.-

Cuadro B.- Coeficiente de regresión ($\times 10^3$), su significación, coeficientes de determinación (R^2) y valores de F de la regresión.-

Coefficiente de regresión	t
b_0	3017
b_1N	11.41 2.799 *
b_2P	-2.11 -0.517
b_3N^2	-0.043 -3.764 **
b_4P^2	0.003 0.307
b_5NP	0.015 1.824++
R^2	0.497
F	3.94

++ $p < 0.10$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

El cuadro muestra para los 9 meses de crecimiento el valor F de la regresión, el coeficiente de determinación (R^2), así como el valor y la significación de los coeficientes de regresión de los términos del modelo ajustado.-

Una proporción importante de la variación observada del rendimiento estuvo asociada con la aplicación inicial de N y P a estar por la significación de la prueba F en el análisis de variancia y la magnitud

del N^2 . Casi un 50% del total de la variación observada en el rendimiento del campo durante primavera-verano-otoño estuvo asociada a la aplicación inicial de N y P en la estación anterior.-

El coeficiente lineal para N es positivo y significativo al 5% mostrando respuesta residual a la fertilización nitrogenada, por su parte el coeficiente cuadrático N^2 es negativo y significativo al 1%, denotando incrementos decrecientes al fertilizante nitrogenado.-

El coeficiente lineal para P es negativo y el cuadrático P^2 es positivo siendo ambos no significativos.- Hay falta de respuesta residual a este nutriente en presencia de N.- Hay una ligera respuesta residual a dosis altas de P e incrementos lineales en la producción de forraje por unidad de P_2O_5 en los diferentes intervalos experimentales.-

Se encontró una interacción NP positiva al 10% lo que demuestra que existe respuesta al P en presencia de N.-

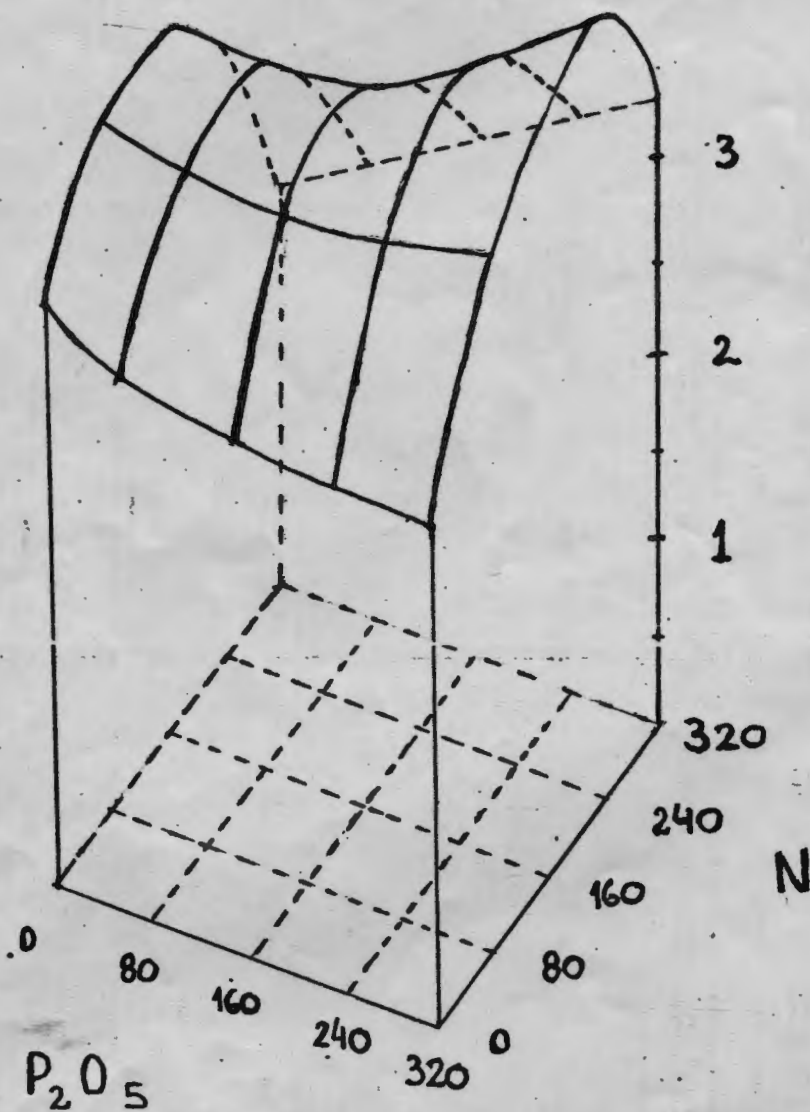
La función se utilizó para construir la superficie de respuesta (gráfica 1) por representar los rendimientos estimados para las diferentes combinaciones de N y P.- (Cuadro V, anexo)

La respuesta en producción de forraje estimada para los 9 meses de crecimiento para el rango de las dosis utilizadas en el diseño experimental varió entre 2265 (N-320; P_2O_5 -0) y 4142 (N-160; P_2O_5 -320).-

Los valores observados de producción de forraje en los 9 meses de crecimiento para el rango de dosis utilizadas varió entre 2302 y 4313 kg./H.S./há.-

La gráfica 1 representa la superficie de respuesta correspondiente a los 9 meses de crecimiento, mostrando la producción de forraje en t/H.S./há en función del N y P. Veros respuesta al N e incrementos decrecientes de la misma, también se observa la interacción NP.-

Gráfica 1.- Superficie de respuesta estimada para la pradera negra.-



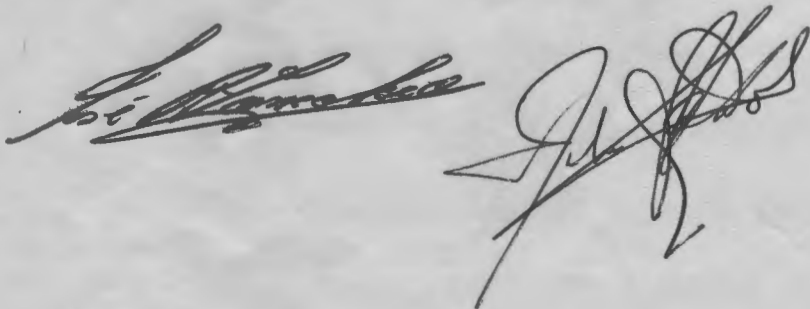
M.S. / Há

Discusión. Los niveles de producción de la pastura sobre la pradera negra durante los 9 meses evaluados han mostrado un comportamiento muy particular.-

La producción del campo natural en los 9 meses de crecimiento mostró un valor de 3066 kg.M.S./há en el testigo.

Se encontró respuesta residual al fertilizante nitrogenado aplicado en la estación anterior.- El efecto residual de la fertilización inicial fue máximo para la dosis de 160 unidades de N y 320 unidades de P_2O_5 /há produciendo 4818 kg. de forraje por Há.-

La lluvia caída en el año de duración del ensayo mostró una marca menor en 336 mm. que el promedio de 28 años que fue de 1175 mm., habiendo sido este factor una posible limitante para el crecimiento.-



5.- BIBLIOGRAFIA CITADA.-

1.- CIDE, 1967.- O.P.Y.P.A. M.A.P. Uruguay.-

2.- FASSBENDER H.W. FOSFORO. Capitulo 10. Química de suelos. I.
O.E.A. 1975.-

3.- BLACK, C.A. Soil Plant Relationships.

Capitulo 8. Phosphorus. pág 248-286.-

4.- CURSO DE FERTILIDAD Y FERTILIZANTES.- Facultad de Agronomía

5.- SAUNDERS, W.M.H. Effect of phosphate topdressing on a soil
desitic volcanic ash.

I) Forms of soil phosphorus and a method for
termination. New Zealand Journal of Agricultural
Research. Vol 2, Nº 3 Junio 1959.-

II) Phosphate retention and pH. New Zealand Journal
Agricultural Research. Vol 2, Nº 4 Agosto 1959.-

6.- FASSBENDER, H.W. NITROGENO. Capitulo 9. Química de suelos. I.
O.E.A. 1975.-

7.- BLACK, C.A. Soil plant relationships .pág 475-479.-

8.- BATES, T.B. and TISDALE, S.L. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.

21 (5) 525-528-1957

9.- WIDDOWSON, V. and PENNY, A. Journal of Agricultural Sci.

65: 195-199 -1965.-

- 10.- WHITE, W. C. and PSEK, J. T. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.
23(1): 39-42- 1958.-
- 11.- WHITE, W. C.; DUMENIL, L. and PSEK, J. T. Agron. Journal.
50: 255-259 -1958.-
- 12.- OWENS, L. O. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.
24(5): 372-376. 1960.-
- 13.- ANDREEVA, B. A. and SCHEGLOBA, G. M. Transactions soil chemistry and
fertility. Aberdeen 113-124. 1966.
- 14.- MEJORAMIENTO DE PASTURAS EN LA ZONA DE BASALTO C. I. A. A. B. "La Estan-
suela". M. A. P. Uruguay. Enero de 1973.-
- 15.- ROSENKURTT, B. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay.
5ta. Contribución. Montevideo .1946.-
- 16.- ROSENKURTT, B. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay.
3ra. Contribución . 1943.-
- 17.- ROSENKURTT, B.; ARRILLAGA, B. R. y SORIANO, B. SIERRA de.
Revista de la Facultad de Agronomía Nº47. Enero de 1960
- 18.- DEL PUERTO, O. Descripción de plántulas de malezas del Uruguay.-
Boletín Nº 110. Facultad de Agronomía. Mayo de 1970.-
- 19.- CLIMA Y AGRICULTURA.- C. I. A. A. B. "La Estansuela" Uruguay. Mayo de 1971
- 20.- BOSSI, J. Geología del Uruguay. UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA (1966)
- 21.- VOSS, R. G. and PSEK, J. T.- Agronomy Journal.-59:567-572.- 1967.
- 22.- ANDERSON, R. L. and BANCROFT, T. A. Statistical Theory in Research. 1952.-
- 23.- BOTTARO, C. y ZAVALA, F. Efecto de la fertilización mineral NP en la
producción de pasturas naturales. Tesis. 1973.-

5.- BIBLIOGRAFIA CITADA.-

1.- CIDE, 1967.- O.P.X.P.A. M.A.P. Uruguay.-

2.- PASSENDER H.W. FOSFORO. Capitulo 10. Química de suelos. I.I.C.A. O.E.A. 1975.-

3.- BLACK, C.A. Soil Plant Relationships. Capitulo 8. Phosphorus. pág 248-286.-

4.- CURSO DE FERTILIDAD Y FERTILIZANTES.- Facultad de Agronomía . 1970.-

5.- SAUNDERS, W.M.H. Effect of phosphate topdressing on a soil form andesitic volcanic ash.

I) Forms of soil phosphorus and a method for their determination. New Zealand Journal of Agricultural Research. Vol 2, Nº 3 Junio 1959.-

II) Phosphate retention and pH. New Zealand Journal of Agricultural Research. Vol 2, Nº 4 Agosto 1959.-

6.- PASSENDER, H.W. NITROGENO. Capitulo 9. Química de suelos. I.I.C.A. O.E.A. 1975.-

7.- BLACK, C.A. Soil plant relationships .pág 475-479.-

8.- BATES, T.E. and TILDAL, S.L. Soil Sci.Soc. Amer. Proc. 21 (5) 525-529-1957

9.- WIDDOWSON, V. and PENNY, A. Journal of Agricultural Sci. 65: 195-199 -1965.-

10.- WHITE, W.C. and PREEK, J.T. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.
23(1): 39-42- 1958.-

11.- WHITE, W.C.; DOMENIL, L. and PREEK, J.T. Agron. Journal.
50: 255-259 -1958.-

12.- OWENS, L.O. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.
24(5): 372-376. 1960.-

13.- ANDREEVA, N.A. and SCHIGLOBA, G.M. Transactions soil chemistry and
fertility. Aberdeen 113-124. 1966.

14.- MEJORAMIENTO DE PASTURAS EN LA ZONA DE BASALTO C.I.A.A.B. "La Estan-
suela". M.A.P. Uruguay. Enero de 1973.-

15.- ROSENKURTT, B. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay.
5ta. Contribución. Montevideo .1946.-

16.- ROSENKURTT, B. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay.
3ra. Contribución . 1943.-

17.- ROSENKURTT, B.; ARRILLAGA, B.R. y SORIANO, B. SIERRA de.
Revista de la Facultad de Agronomía N°47. Enero de 1960

18.- DEL PUERTO, O. Descripción de plántulas de malezas del Uruguay.-
Boletín N° 110. Facultad de Agronomía. Mayo de 1970.-

19.- CLIMA Y AGRICULTURA.- C.I.A.A.B. "La Estansuela" Uruguay. Mayo de 1971

20.- BOSSI, J. Geología del Uruguay. UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA (1966)

21.- VOSS, R.G. and PREEK, J.T.- Agronomy Journal.-59:567-572.- 1967.

22.- ANDERSON, R.L. and BANCROFT, T.A. Statistical Theory in Research. 1952.-

23.- BOTTARO, C. y ZAVALA, F. Efecto de la fertilización mineral NP en la
producción de pasturas naturales. Tesis. 1973.-

A P P E N D I C E



CUADRO I: Algunas propiedades físicas y químicas de los suelos utilizados.-

Horizonto	LITOSOL	PRADERA NEGRA				
	1	1	2	3	4	5
Textura	F.A.L	F.A.L	A.L	A	A	A
PH	6.2	6.2	6.4	6.9	7.5	8.3
C.I.C. meq/100grs	42.9	31.0	30.5	47.1	47.2	43.7
Bases tot. meq/100grs	37.4	24.8	26.3	46.7	47.2	43.7
H	5.5	6.2	4.2	0.4	-	-
M.O.	6.1	6.8	4.3	2.1	1.8	0.5
P (ppm)	3 [±] 1	3 [±] 1	-	-	-	-
% Saturac.	87	80.0	86.2	99.0	100	100
Elem. (a)	3.3	2.8	2.9	1.9	1.4	1.6
libras (b)	1.6	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1
Elem. (c)	63.7	72.0	71.2	66.1	63.0	62.9
totales (d)	14.5	11.2	11.4	12.2	14.9	12.0
(e)	32.1	24.5	25.6	28.9	32.9	22.8
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1.98	2.94	2.78	2.29	1.92	2.11

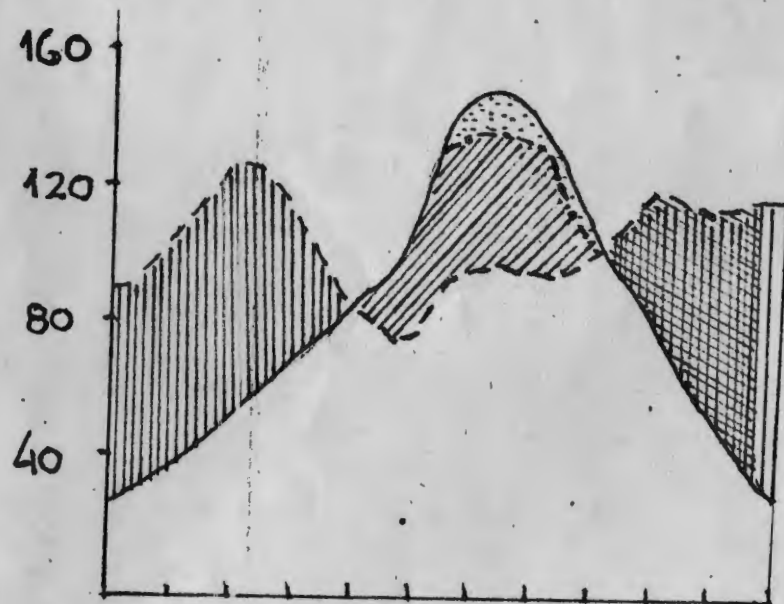
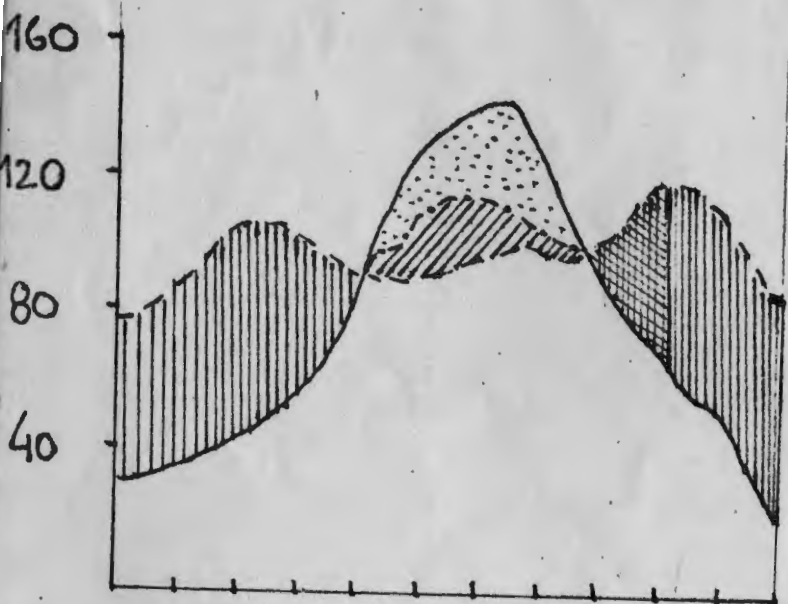
Referencias: F.A.L :franco-arcillo-limoso; A.L.:arcillo-limoso;
A.:arcilloso; (a):F2O3; (b):Al2O3;(c):SiO2;(d):F2O3;
(e);R2O3.-

	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	T
Promedio 1942-60 (Dpto Salto) (mms)	58	97	127	91	79	116	94	121	83	100	100	58	1175
Promedio días con lluvia	5	8	8	8	6	7	6	8	6	6	8	8	80
1971-1972 (Est. San Antonio) (mms)	50	99	60	52	119	71	49	88	64	61	57	69	839
<u>Temperaturas.-</u>													
promedio	14	15	18	22	23	24	22	21	18	16	13	13	
máxima media	19	23	27	29	32	34	31	31	26	23	19	17	
mínima media	8	9	13	14	17	18	16	16	12	9	6	5	
máxima absoluta	28	31	33	36	40	43	41	35	32	29	28	26	
mínima absoluta	-3	-2	3	5	7	9	8	6	5	-2	-3	-5	
Promedio 1933-63 (Dpto Salto, mms)													
Est. máxima	21	22	25	30	32	32	33	28	25	23	19	16	
San media	15	17	19	23	25	26	25	21	19	18	15	11	
Antonio mínima	8	12	11	15	18	19	18	15	13	13	12	7	
(promedios) 1971-1972													

BASALTICOS

SUPERFICIAL

PROFUNDO



J A S O N D E F M A M J

J A S O N D E F M A M J

— EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

- - - PRECIPITACION

DEFICIENCIA

EXCESO

- · - · - EVAPOTRANSPIRACION REAL

RECARGA

UTILIZACION

CUADRO III: LITOSOL. Especies encontradas. Porcentaje, ciclo y tipo productivo.-

	Ciclo vegetativo	Tipo product.	%
<i>Chloris capensis</i> var. <i>bahiana</i> <i>sis.</i>	P.E.	Tierno.P.P.	17.91
<i>Piptochastium stipoides</i>	P.I./	O.P.	8.16
<i>Piptochastium montevidensis</i>	P.I.	O.P.	7.16
<i>Botriochloa lagaroidea</i>	P.E.	O.P.P.	5.91
<i>Aristida uruguayensis</i>	P.I.	0	5.16
<i>Paspalum notatum</i>	P.E.	Tierno	4.91
<i>Stipa neesiana</i> var. <i>neesiana</i>	P.I.	O.P.	3.75
<i>Phalaris platensis</i>	A.I.	Tierno	3.58
<i>Rottboellia selloana</i>	P.E.	Tierno	3.33
<i>Schyzachyrium spicatum</i>	P.E.	O.I.	2.83
<i>Eragrostis virescens</i>	A.E.	-	2.58
<i>Briza minor</i>	A.I.	Tierno	2.41
<i>Stipa neesiana</i>	P.I.	Tierno a duro	1.41
<i>Tridens hackelii</i>	P.E.	O.P.P.	1.25
<i>Eragrostis lugens</i>	P.E.	O.P.P.	1.25
<i>Panicum milioides</i>	P.E.	Tierno	1.00
<i>Chloris ciliata</i>	P.E.	O.I.	0.91
<i>Paspalum plicistylum</i>	P.E.	Tierno a duro	0.91
<i>Mesmia bicolor</i>	P.Ind.	Fino	0.75
<i>Botriochloa imperatoidea</i>	P.E.	O.P.P.	0.66
<i>Piptochastium bicolor</i>	P.I.	Tierno a duro	0.41
<i>Chloris rotunda</i>	P.E.	Tierno	0.33
<i>Briza brisoides</i>	P.I.	Tierno	0.25
<i>Trifolium polymorphum</i>	P.I.	Tierno	0.16
<i>Valpa australis</i>	A.I.	O.I.	0.16
<i>Eleusine tristachia</i>	P.E.	O.P.P.	0.16
<i>Desmanthus depressus</i>	E.	O.P.P.	0.16
<i>Hordeum pusillum</i>	A.I.	O.I.	0.16
<i>Eragrostis neesi</i>	P.E.	O.I.	0.08
Malezas	-	-	9.16
Cyperus	-	-	3.75
Suelo	-	-	3.91
Restos secos	-	-	3.83

CUADRO IV PRADERA NEGRA: Especies encontradas. Porcentaje, ciclo y tipo productivo.-

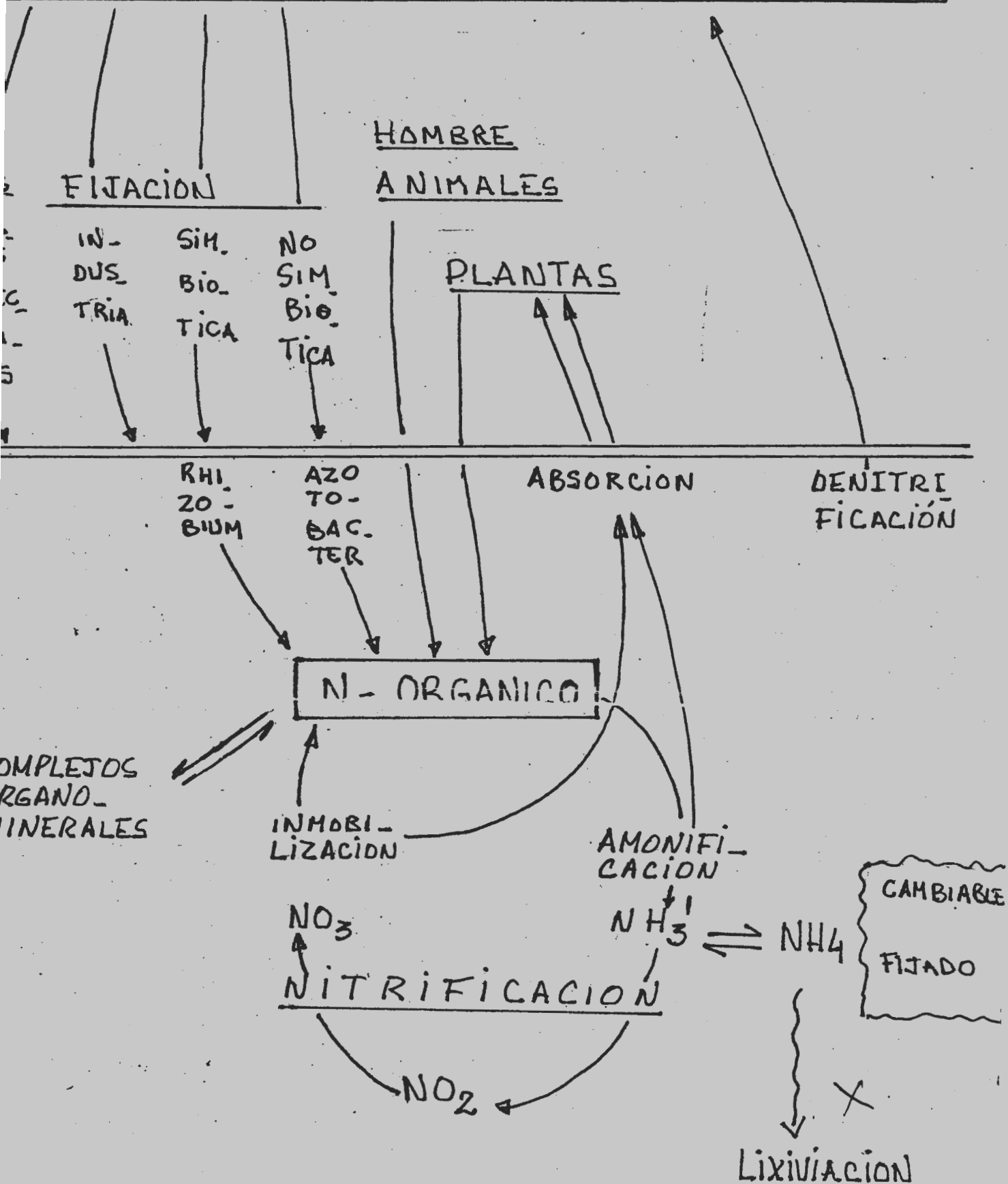
	Ciclo vegetativo	Tipo productivo	%
<i>Schyzachyrium spicatum</i>	P.E.	O.I	10.5
<i>Andropogon ternatus</i>	P.E.	O.P.P.	11.6
<i>Detriochloa lagurioides</i>	P.E.	O.P.P.	8.92
<i>Aristida venustula</i>	P.E.	O.I.	8.25
<i>Stipa mesiana var. mesiana</i>	P.I.	O.P.	5.66
<i>Paspalum dilatatum</i>	P.E.	Fino-Duro	5.42
<i>Piptochaetium stipoides var. stipoides</i>	P.I.	O.P.	3.91
<i>Piptochaetium montevidensis</i>	P.I.	O.P.P.	3.66
<i>Detriochloa imperatoides</i>	P.E.	O.P.P.	3.00
<i>Paspalum notatum</i>	P.E.	Tierno	2.92
<i>Stipa mesiana</i>	P.I.	Tierno a duro	2.08
<i>Lolium multiflorum</i>	A.I.	Fino	2.08
<i>Briza minor</i>	A.I.	Tierno	1.68
<i>Bragrostis lugens</i>	P.E.	O.P.P.	1.50
<i>Dasyusia Splendens</i>	P.I. poco D.	Tierno	1.50
<i>Briza subaristata</i>	P.I.	O.P.P.	1.25
<i>Bragrostis virescens</i>	A.E.	-	1.25
<i>Panicum milioides</i>	P.E.	Tierno	0.75
<i>Aloesmia bicolor</i>	P. Ind.	Fino	0.58
<i>Trifolium polymorphum</i>	P.I.	Tierno	0.50
<i>Hordeum pusillum</i>	A.I.	O.I.	0.50
<i>Rottboellia selleana</i>	P.E.	Tierno	0.41
<i>Poa lanigera</i>	P.I.	Fino	0.41
<i>Malva sp.</i>	P.I.	O.	0.33
<i>Bouteloua megapotamica</i>	P.E.	O.P.P.	0.25
<i>Chloris capensis var. bahiensis</i>	P.E.	Tierno	0.16
<i>Sporobolus indicus</i>	P.E.	O.P.P.	0.16
<i>Piptochaetium bicolor</i>	P.I.	Tierno a duro	0.16
<i>Aristida uruguayensis</i>	P.I.	O.P.P.	0.08
<i>Phalaris platensis</i>	A.I.	Tierno	0.08
<i>Cyperus</i>	-	-	1.08
<i>Malvas</i>	-	-	2.75
<i>Rostes secos</i>	-	-	3.58
<i>Saolo</i>	-	-	0.80

CUADRO V : Rendimientos estimados para los diferentes tratamientos.-

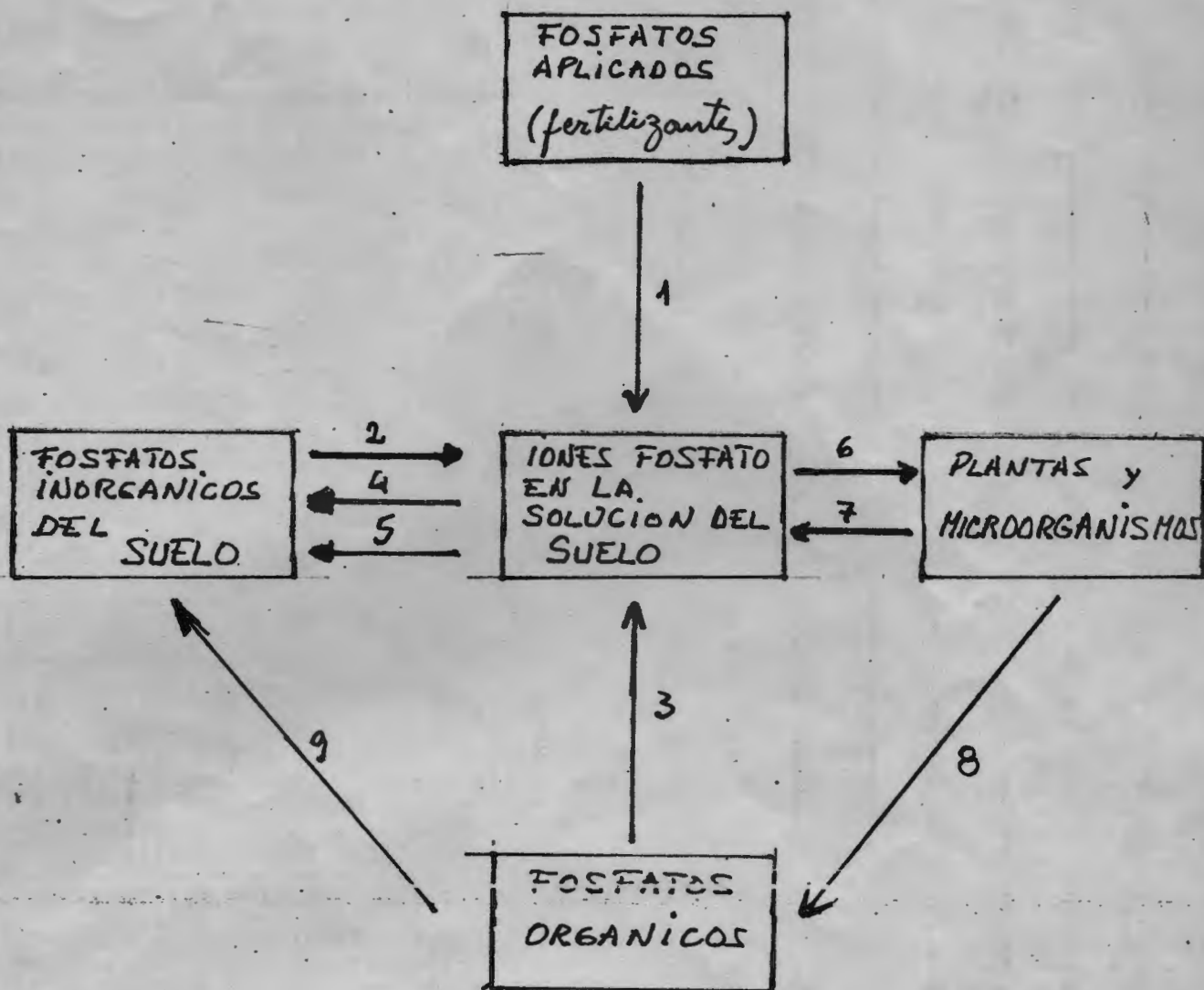
N	P ₂ O ₅	Primavera-Verano-Otoño (9 meses de crecimiento)	
		M.S.	Kgrs./HÁ
0	0		3017
0	80		2867,4
0	160		2756,2
0	240		2683,4
0	320		2649
80	0		3654,6
80	80		3601
80	160		3585,8
80	240		3609
80	320		3670,6
160	0		3741,8
160	80		3784,2
160	160		3865
160	240		3984,2
160	320		4141,8
240	0		3278,6
240	80		3417
240	160		3593,8
240	240		3809
240	320		4062,6
320	0		2265
320	80		2499,4
320	160		2772,2
320	240		3083,4
320	320		3433

REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL CICLO DEL N EN LA NATURALEZA (6)

NITROGENO ATMOSFERICO



REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL CICLO DEL P EN LOS SUELOS (2)



- 1.- DISOLUCION DE FERTILIZANTES
- 2.- DISOLUCION DE FOSFATOS INORGANICOS
- 3.- MINERALIZACION DE FOSFATOS ORGANICOS
- 4.- ADSORCION DE $H_2PO_4^-$
- 5.- PRECIPITACION DE FOSFATOS DE Ca, Al, Fe
- 6.- ABSORCION DE P POR LAS PLANTAS
- 7.- EXCRESION DE P POR LAS PLANTAS
- 8.- DEPOSICION DE RESTOS VEGETALES
- 9.- INTERACCIONES ENTRE FOSFATOS ORGANICOS E INORGANICOS.-