

Repartido N. _____

Cátedra de Forrajeras.

DINAMICA DEL FOSFORO EN LA PRODUCTIVIDAD DE

UNA PASTURA CONVENCIONAL.

Alejandro E. Morón , Jorge M. Pérez.

INTRODUCCION

La baja producción de nuestras pasturas naturales es la causa básica del limitado nivel productivo de nuestra ganadería.

Desde el punto de vista de la fertilidad de los suelos el fósforo es el principal factor limitante para los distintos mejoramientos que se emprendan.

Del conjunto de costos que implica la instalación y mantenimiento de un mejoramiento, la fertilización fosfatada es un porcentaje importante. En términos promedios el 62 % de los costos de una pastura convencional son debidos al P. En mejoramientos extensivos este porcentaje se eleva al 79 % (5).

El conocimiento de la dinámica del P en el suelo y su relación con la respuesta vegetal son necesarios para poder realizar un uso eficiente del fertilizante fosfatado.

El presente trabajo integra una línea de investigación del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" que ya ha realizado contribuciones importantes en el tema.

Los objetivos por los cuales se realizó este experimento fueron los siguientes:

- A. Estudiar cómo se incrementan los valores de P "disponible" en el suelo por la aplicación consecutiva de fosfatos solubles.
- B. Estudiar la disminución del P "disponible" a través de los años para los diferentes valores de análisis alcanzados.
- C. Determinar el efecto residual en el suelo a través de la producción de Materia Seca, composición botánica y P extraído.

II. DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

El ensayo fué instalado en la Est. Exp. La Estanzuela, sobre un suelo de pradera parda sobre Libertad (Brunosol subéutrico) pH 5,8 %M.O. 4,5 Bray I ppm 3,8 C.I.C. 24.

El experimento consistió en una etapa inicial agrícola (trigo) que va desde 1971 hasta 1974 inclusive. En 1979 se volvió a plantar trigo (ver Cuadro I).

CUADRO I. Esquema del ensayo de P residual (1971-1980).

1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
T	T	T	T	P	P	P	P	T
T -- TRIGO								
P -- PASTURA								

EFECTO RESIDUAL

	0	0	0
	30	30	60
0	60	60	120
	90	90	
	120	120	
30			
60			
90			
120			

Básicamente los tratamientos consistieron en aplicar distintos niveles de fertilización fosfatada en la etapa agrícola inicial y estudiar su efecto residual en la etapa de pastura.

Inicialmente (1971) se aplicaron 5 dosis de Superfosfato: 0, 30, 60, 90 y 120 Kg P_2O_5 /ha.

El segundo año (1972) se aplicaron los mismos 5 niveles a cada uno de los tratamientos del primer año.

El tercer año (1973) se repitió exactamente lo realizado el segundo año dado que surgieron dudas acerca de los niveles aplicados en 1972.

El cuarto año (1974) se aplica a cada uno de los tratamientos anteriores 3 niveles de P: 0, 60 y 120 Kg P_2O_5 /ha.

El conjunto del ensayo fue desarrollado con cuatro repeticiones.

Sintéticamente podemos decir que se llegó con 75 tratamientos diferentes a la etapa de pastura.

La pastura no recibió ningún tipo de fertilización directamente, se instaló y se desarrolló con el efecto residual de la etapa agrícola.

La mezcla forrajera sembrada fue:

Trébol blanco: Kg 2,8/ha
 Lotus: " 6,8/ha
 Festuca: " 9,0/ha

Fue evaluado mediante cortes y determinaciones de M.S., con devolución de forraje. Se realizaron los siguientes cortes por año:

1er año: 1 corte. 2do año: 3 cortes. 3er año: 3 cortes. 4to año: 2 cortes.

Se comenzará estudiando la etapa de pastura dado que es ésta la más importante por su estudio, y también por que es en base a coeficientes obtenidos en esta etapa que se pueden realizar estimaciones y análisis de la etapa agrícola.

III. DINAMICA DEL FOSFORO

A. Análisis de la evolución del P "disponible" en el suelo en la etapa de pastura.

De acuerdo con los tratamientos de fertilización realizados en la etapa agrícola, se llegó a la implantación de la pastura con distintos niveles de P disponible estimados por el método Bray I. los mayores valores corresponden a mayores fertilizaciones anteriores.

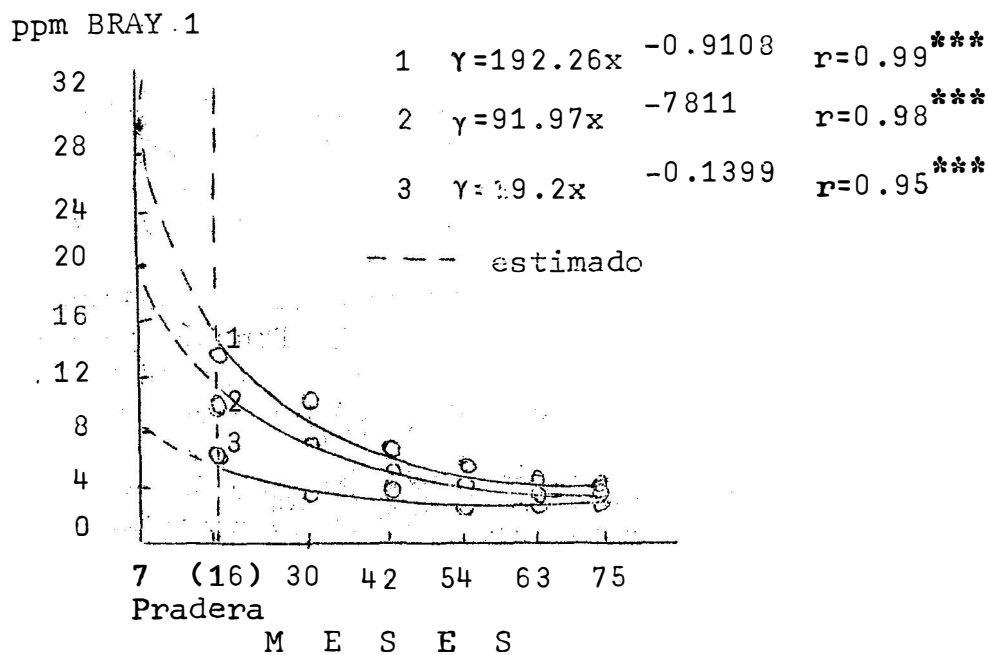
Se seleccionaron 3 casos contrastantes (alto, medio y bajo) a los efectos de analizar su evolución (Ver figura 1).

Las tendencias generales que muestran estas 3 funciones es la existencia de un efecto residual de la fertilización anterior que sigue una típica curva de extinción. A su vez comparando entre funciones, vemos que aquellos tratamientos que tienen mayores valores Bray I (ejemplo función 1) son los que han recibido mayores fertilizaciones anteriores.

El valor de P disponible al mes 7 (última fertilización) fue obtenido por extrapolación (líneas punteadas en la fig. 1) de la función ajustada.

Esto es debido a que los análisis de suelo para estimar P disponible inmediatamente a una fertilización sobreestiman la disponibilidad real.

FIGURA 1: Evolución de 3 niveles de P "disponible" vs tiempo.



Dado que los análisis de suelo fueron realizados a intervalos de tiempo desiguales se ajustaron funciones exponenciales (r mayor 0,95 ***) y luego se calculó los valores año a año exactamente a partir de la fecha de la última fertilización (mes 7) (ver cuadro 2).

CUADRO 2: Decremento del valor P disponible Bray I anual.

AÑO	ALTO			MEDIO			BAJO		
	VALOR P	DIF	%	VALOR P	DIF	%	VALOR P	DIF	%
0 (E)	32.67			20.63			8.16		
1	13.15	19.5	60	9.43	11	54	5.26	2.9	36
2	8.42	4.7	36	6.42	3	32	4.24	1.0	19
3	6.25	2.2	26	4.97	1.5	23	3.67	0.6	13
4	4.99	1.3	20	4.09	0.9	18	3.29	0.4	10
5	4.17	0.8	16	3.5	0.6	14	3.02	0.3	8
6	3.53	0.6	14	3.08	0.4	12	2.08	0.2	7

(E) Valor estimado

En el cuadro 2 dentro de cada una de las tres situaciones (alto, medio y bajo) se observa que las pérdidas en fertilidad en términos absolutos fueron decrecientes con los años, o sea que las mayores pérdidas son al principio. Los decrementos calculados porcentualmente son decrecientes.

A su vez comparando los 3 casos entre sí, vemos que tomando un año determinado, pasaje del 1er año al 2do año, mayores son las pérdidas en términos absolutos cuanto mayor sea el nivel de que partimos. En el caso de alto se pierden 4,7 ppm, en el medio 3 ppm y en el bajo 1 ppm.

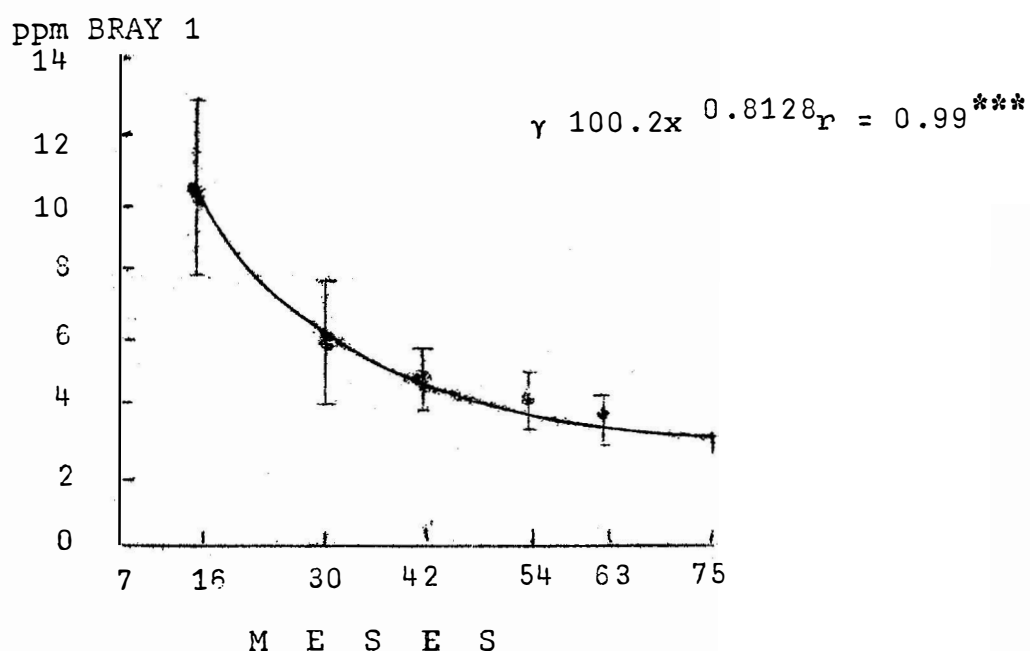
Si retomamos la fig. 1, se constata que a medida que transcurren los años en las tres situaciones se tiende a converger en torno a valores que se pueden asimilar a los valores naturales del suelo. Podríamos decir que existe una tendencia del suelo al equilibrio., o sea, a volver a sus valores naturales.

A los efectos de globalizar este proceso y dotarlo de mayor precisión, se realizó un análisis en el tiempo con los 75 valores de P Bray I (Fig2)

En cada análisis aproximadamente uno por año, se tomó el promedio de los 75 valores. Se ajustó una curva exponencial que confirma la tendencia general vista en la fig 1.

Dado que los valores de análisis de suelo no estaban realizados a intervalos de tiempo iguales, a partir de la función ajustada correspondiente, se calcularon los valores año a año exactamente partiendo de la fecha de instalación de la pastura (mes 16) (ver cuadro 3).

FIGURA 2: Evolución del promedio y desv. standar de distintos niveles de P "disponible" Bray I producto de 75 tratamientos vs. tiempo.



Así podemos ver que los descensos del P Bray I en términos absolutos son decrecientes en el tiempo y a su vez si cada decremento lo referimos al valor al comienzo de cada período se ve que los decrementos porcentuales disminuyen.

Para cada año se calculó el valor de su desviación típica, sumándosela y restandosela a cada valor promedio original respectivamente (fig. 2). Se nota claramente la tendencia de las desviaciones típicas a disminuir a medida que pasa el tiempo.

Como conclusión podemos decir que los efectos residuales tienden a disminuir y a su vez a concentrarse cada vez más en torno a las medias a medida que transcurre el tiempo. Existe tendencia a volver a los valores naturales del suelo.

El mismo análisis realizado con el método Bray I fue realizado por el método de Resinas de intercambio catiónico (ver fig 3).

En términos generales se muestran las mismas tendencias que para Bray I. Sin embargo, existen dos claros defasajes de la tendencia general, el 2do y 4to análisis. El segundo en menos y el cuarto en más.

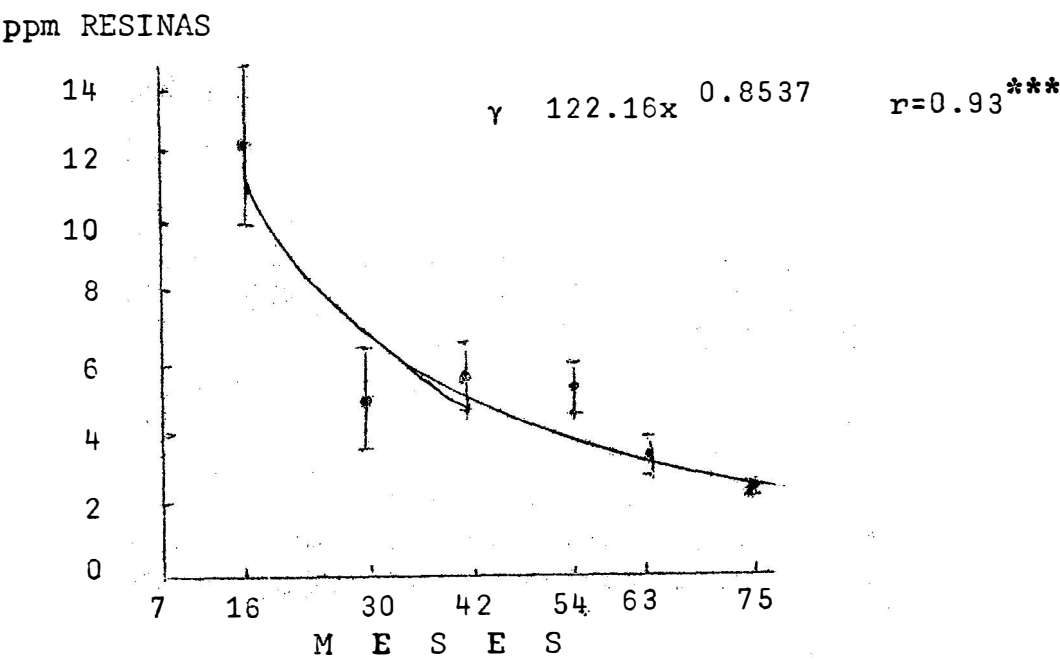
El método de resinas exige trabajar a temperatura ambiente constante para tener valores comparables. Estas desviaciones quizás se hayan originado en

que los análisis del 2do y 4to período no fueron realizados a la temperatura deseada.

CUADRO 3: D_ecremento de P disponible Bray I por año (Promedio 75 tratamientos).

AÑO	VALOR P	DIF	%	
1	10.5		3.8	36
2	6.68		1.7	25
3	5.0		1	21
4	4.04		0.6	16
5	3.41		0.4	13
6	2.97			

FIGURA 3: Evolución del promedio y desviación standard de distintos niveles de P "disponible" R.I.C. producto de 75 tratamientos vs. tiempo.



B. Tasas de descenso.

La Guía de Fertilización de Pasturas (4) plantea para estos suelos, una tasa de descenso anual para el P disponible del 28 %.

Este 28 % es constante e independiente del nivel de partida y del año en que nos encontremos.

Las tasas de descenso fueron calculadas a partir de ajustar modelos semilogarítmicos para las curvas de extinción del P disponible por encima del testigo sin fertilizar (3).

Ahora, si bien esta tasa en porcentaje es constante, es un porcentaje constante que se aplica a cantidades cada vez menores a medida que pasa el tiempo. O sea, que en términos absolutos en la fertilidad residual cada vez se pierde menos. O dicho de otra manera, las mayores pérdidas son al principio.

En la metodología usada en este trabajo se ajustaron modelos doble logarítmicos, y se tomó como valor de P disponible el real, o sea, no se descontó el valor natural del suelo (valor del testigo). Las tasas anuales porcentuales de descenso así calculadas fueron decrecientes a medida que transcurrieron los años. A su vez, cuanto más alto fue el nivel alcanzado más alta fue la tasa de descenso.

Es importante destacar que en ambos modelos las mayores pérdidas cuantitativamente son al principio.

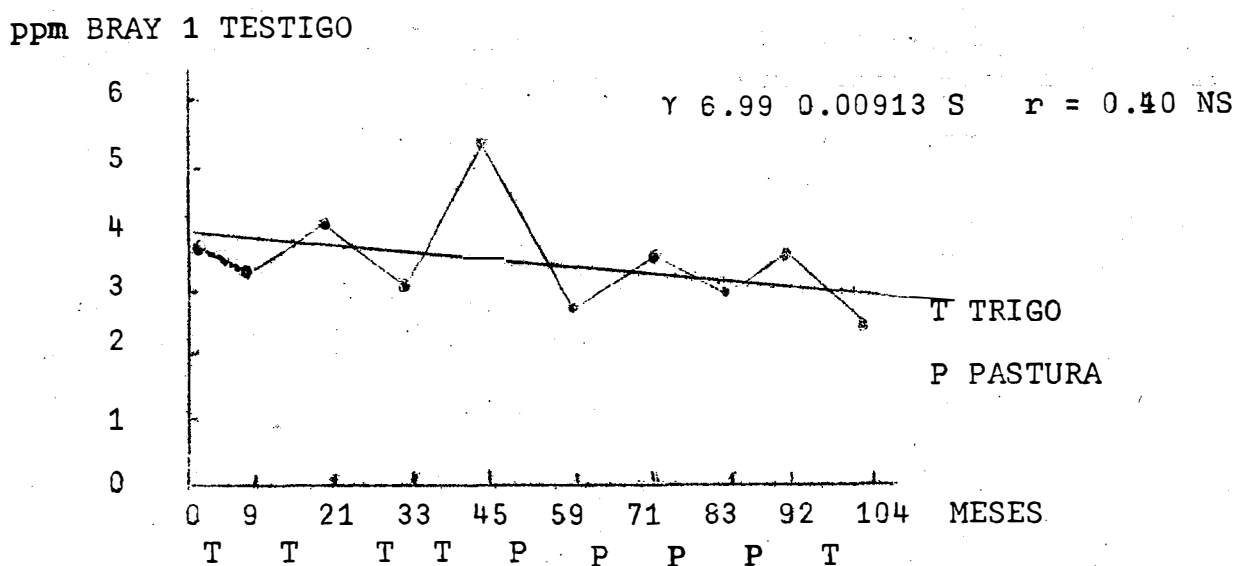
C. Evolución del fósforo "disponible" nativo.

Anteriormente analizamos la oposición a los cambios introducidos por la fertilización y su tendencia a retornar a los valores originales del suelo.

Analizaremos ahora la situación inversa.

Para esto tomaremos el tratamiento testigo (sin fertilización) y veremos la evolución que tiene el P disponible nativo Bray I a través de los 9 años de uso del suelo (figura 4).

FIGURA 4: Evolución del P "disponible" nativo.



Así vemos que a pesar de tener 5 años de trigo y 4 años de pastura el nivel de P disponible Bray I nativo tiene una muy leve tendencia a disminuir, no significativa estadísticamente.

En términos generales el nivel de P disponible nativo es estable.

Si bien el nivel natural es estable, lamentablemente es bajo.

Por otra parte sabemos que existió consumo de esa parte del P inorgánico que denominamos "disponible", extracción por el trigo y pasaje de P inorgánico a P orgánico por parte de la pastura.

Por lo tanto podemos concluir que, para mantener estable ese valor de P disponible nativo a pesar del consumo al que fue sometido tiene que haber existido reposición de P hacia la parte que denominamos P disponible.

ble nativo Bray I.

Por último se aprecia que las tasas de descenso vistas en este trabajo o las presentadas en la Guía de Fertilización de Pasturas (4) no serían válidas para evaluar la evolución del nivel de P disponible nativo dada su estabilidad.

D. Extracción de P por la pastura.

En la evolución del P disponible en el suelo a través del tiempo - pueden identificarse teóricamente dos causales de su evolución:

- la acción del suelo y su tendencia al equilibrio
- la extracción de P por parte de cultivos y/o pasturas

Es difícil cuantificar cuanto explica cada causal dado que el sistema no es cerrado (no es el mismo el volumen del suelo fertilizado y el explotado realmente por las raíces, existe reciclaje de nutrientes, etc).

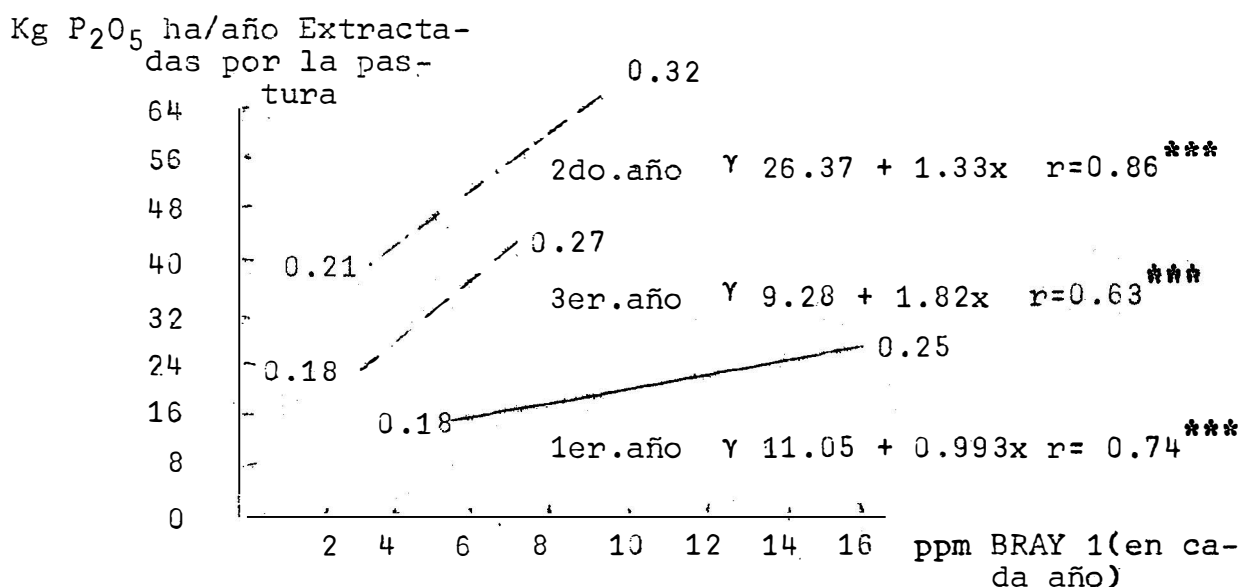
Trataremos, no obstante, de analizar tendencias.

En la figura 5, podemos observar que el primer año de la pradera los consumos de P pasan de 16 a 27 Kg P_2O_5 /ha/año al aumentar los niveles de fertilidad. Esto tiene 2 causas:

- aumentos en los rendimientos de MS al aumentar la fertilidad.
- aumentos en los contenidos de P en la pastura, pasa de 0,18 a 0,25 %.

En el segundo año de la pradera aún con niveles de P disponible Bray I menores al primer año los valores son considerablemente mayores pasa de 39 a 67 Kg P_2O_5 /ha/año y los contenidos de P en la pastura de 0,21 a 0,32 % (promedio anual).

FIGURA 5: Consumo de P por la pastura en distintos años.



Las diferencias entre el primer y segundo año en las cantidades de Kilogramos de P consumidos se deben en gran medida a las marcadas diferencias en producción de MS a favor del segundo año.

El análisis de estos datos nos sugiere algunas consideraciones:

1. Se destaca el segundo año como un alto consumidor de P.
2. Son importantes las cantidades de P que están pasando de la forma - inorgánica a la orgánica. Dado que las plantas no absorben compuestos - orgánicos del suelo, se puede considerar que desde este punto de vista el aumento del P orgánico es una consecuencia no deseable de la acumulación de la materia orgánica (1).
3. Los decrementos de los valores de P "disponible" Bray I con los años no parecen guardar una relación con las cantidades de P extractadas por la pastura.

En el Cuadro 4, se muestra para 3 situaciones (alto, medio y bajo - nivel inicial de P) la evolución anual de P "disponible" y las cantidades de P extractadas por la pastura, en cada año para cada situación.

El suelo y sus mecanismos de equilibrio sería el principal agente de la evolución de los valores de P "disponible" en el tiempo.

CUADRO 4: Variación de la disponibilidad y extracción del P en distintas edades.

ppm BRAY			DIF KgP ₂ O ₅ /ha			ppm BRAY			DIF KG P ₂ O ₅ /ha			ppm BRAY			DIF KG P ₂ O ₅ /ha		
INSTALACION1	15.40				10.8						5.67						
2	8.68	6.7	28		6.6	4.2			21.8		4.3	1.4					16.7
3	6.38	2.3	64		5.06	1.5			55		3.7	0.6					45
4	5.08	1.3	47		4.15	0.9			37.4		3.32	0.4					17.8

Si graficamos conjuntamente disponibilidad de P y consumo de P vs. tiempo veremos que no existe armonía (Ver figuras 6, 7 y 8).

El momento de máxima disponibilidad no es el momento de mayor consumo y a su vez cuando se produce el mayor consumo (2do año) no existe la mayor disponibilidad de P.

E. Relación P agregado - P disponible.

Uno de los objetivos de este ensayo fue estudiar cómo podía afectar la aplicación consecutiva de fosfatos solubles la relación P agregado - P disponible.

En el último año de la etapa agrícola (1974) se llegó con distintos niveles de P disponible debido a los tratamientos anteriores.

En la figura 9, se muestra el efecto del agregado de 60 unidades de P₂O₅/ha a distintos niveles de P en el suelo (1974) midiendo el efecto sobre el P disponible al año siguiente (1975).

La existencia de una estrecha relación lineal con coeficiente angular cercano a 1, nos permite considerar que el efecto de agregar 60 unidades

de P_2O_5 no cambiaría por el hecho de tener el suelo niveles de disponibilidad de P variables.

Si en el rango estudiado existiera cierto efecto de saturación de la capacidad de inmovilizar P en forma no disponible, sería de esperar una relación lineal con coeficiente angular bastante mayor a 1 ó también relación de tipo exponencial con aumentos crecientes.

Cabe destacar que para este tipo de suelo ya fue descrita anteriormente (6), relación lineal entre P agregado-P disponible.

FIGURA 6: Disponibilidad y consumo de P vs. tiempo.

	ppm BRAY	DIF	Kg P_2O_5 /ha	ppm BRAY	DIF	Kg P_2O_5 /ha	ppm BRAY	DIF	Kg P_2O_5 /ha
INSTALACION 1	15.40	6.7	26	10.8	4.2	21.8	5.67	1.4	16.7
2	8.68		64	6.6		55	4.3		45
3	6.38		47	5.06		37.4	3.7		17.8
4	5.08			4.15			3.32		

FIGURA 6 y
FIGURA 7: Disponibilidad y consumo de P vs. tiempo.

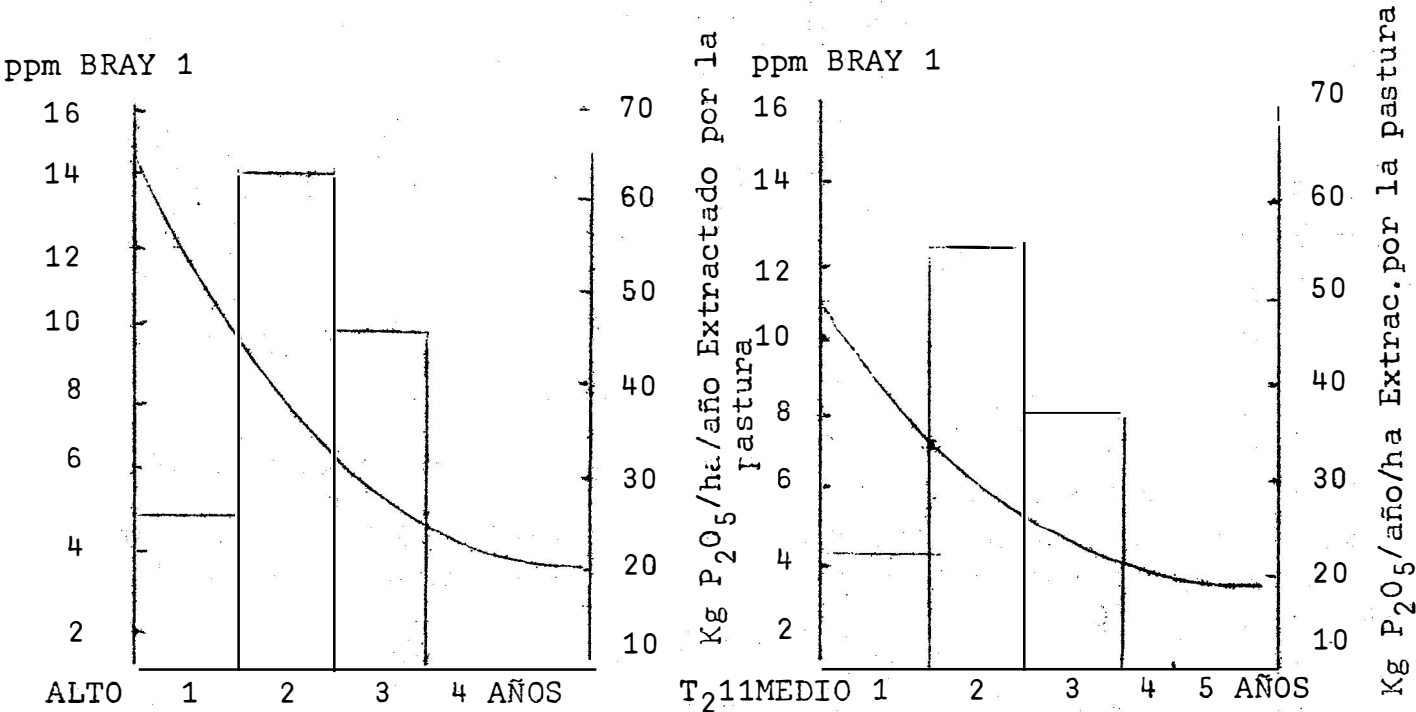


FIGURA 8: Disponibilidad y consumo de P vs. tiempo.

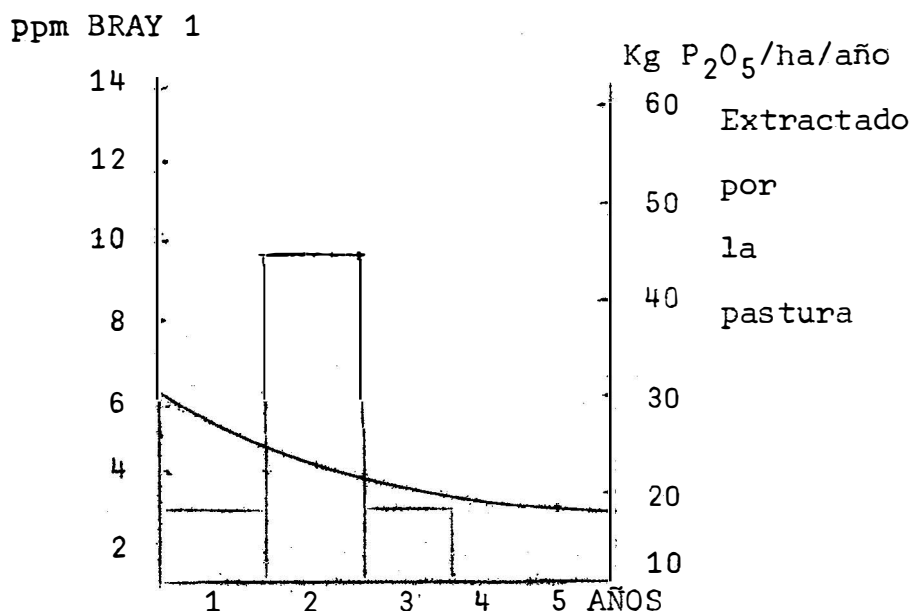
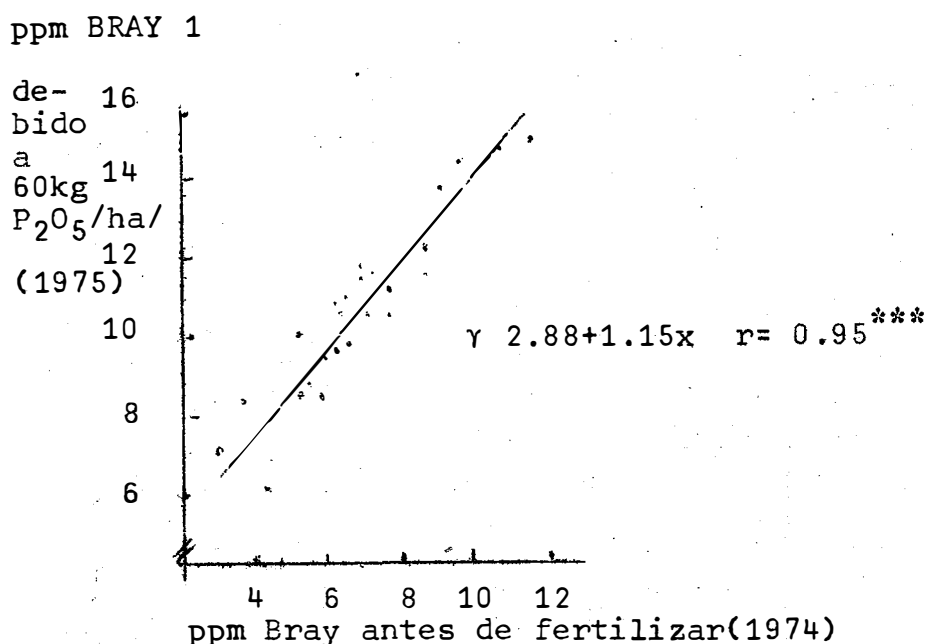


FIGURA 9: Relación P agregado-P disponible.



F. Modelo Hidráulico.

Las relaciones expuestas anteriormente sobre la dinámica del P en el suelo la comprenderemos mejor si la visualizamos a través del modelo hidráulico (figura 10).

Sintéticamente este modelo considera el P en tres "fases":

1. Fósforo en la solución del suelo

Se encuentra en forma inorgánica (H_2PO_4 , HPO_4) y como tal es absorbido por las raíces de las plantas. La concentración de P en la solución del suelo es muy baja, pudiendo ser agotado rápidamente por las plantas si no existiera reposición desde la fase sólida del suelo.

2. Fósforo disponible.

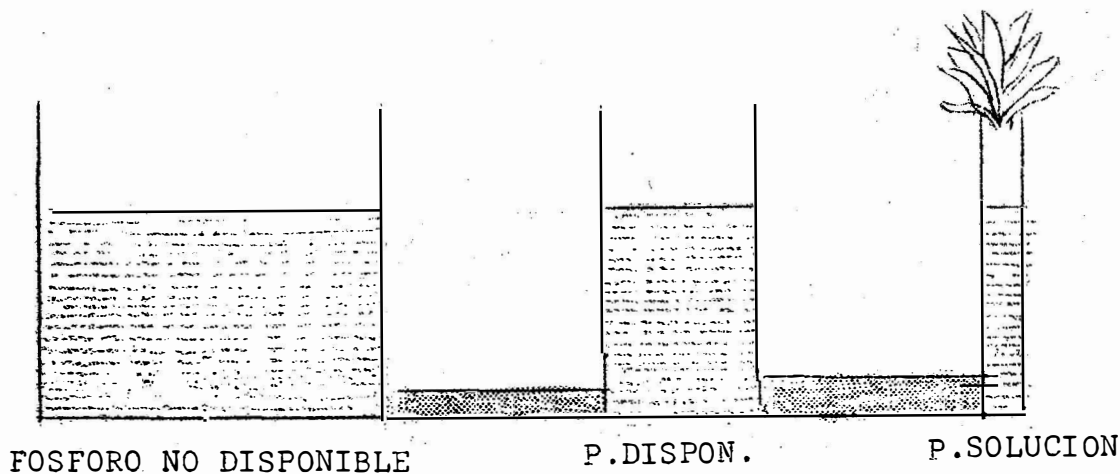
De todo el fósforo inorgánico que se encuentra en la fase sólida del suelo, existe una parte que tiene mayor reactividad y que es la "encargada" de reponerlo en la medida que disminuye su concentración en la solución del suelo. Esta fracción es estimada a través de los análisis de suelo (Bray, Resinas).

3. Fósforo "no disponible"

Es aquella fracción del P inorgánico que presenta muy baja reactividad. Repone en forma lenta el P "disponible" cuando éste disminuye respecto a su valor en equilibrio.

Estas tres "fases" se encuentran en equilibrio. El modelo hidráulico coejemplifica esta situación por vía de tener los tres "tanques" a la misma altura.

FIGURA 10: Modelo hidráulico del fósforo en el suelo.



Cuando agregamos un fertilizante al suelo éste se disuelve rápidamente y aumenta en forma abrupta su concentración en la solución del suelo. El sistema en equilibrio se opone a este cambio por vía de desplazar la mayor parte de este P hacia la fase sólida. Parte pasa a formas "disponibles" y parte hacia las "no disponibles". Cuanto pasa hacia uno u otro "tanque" esta determinado en parte por la relación entre "tanques" y la velocidad de pasaje entre ellos.

Cuanto mayor sea el "no disponible" respecto al "disponible" (relación variable entre suelos) más costoso será el aumento del nivel de P "disponible" en el suelo. En la inversa, cuando no se agrega fertilizante al suelo y se realizan cultivos y/o pasturas se usa parte del P "disponible". El sistema se opone a este cambio por vía de una reposición lenta desde el "no disponible" hacia el "disponible".

Por último cabe puntualizar que el modelo hidráulico como todo esquema simplifica la realidad, no obstante lo cual pensamos que es útil a los efectos de visualizar las relaciones más importantes.

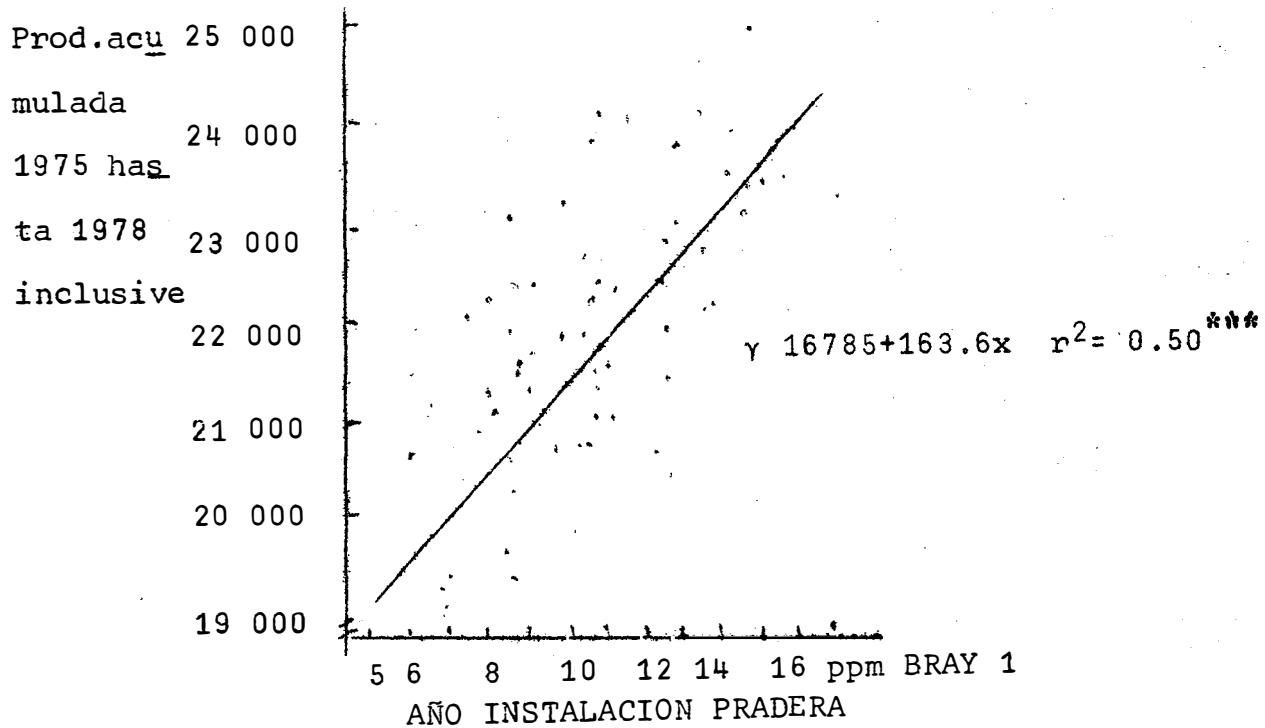
IV. RENDIMIENTO DE LA PASTURA.

A. Rendimiento total acumulado.

Esta pastura se sembró en otoño de 1975 con niveles de P muy distintos, debido a la residualidad de los tratamientos recibidos en la etapa anterior.

La primera relación que se buscó fue la de los valores de P "disponible" Bray I inicial (1975) con la producción total acumulada en los 4 años de vida de la pradera (figura 11).

FIGURA 11: Producción acumulada vs. niveles de P en la instalación de la Pastura.



La variable nivel inicial de P "disponible" Bray I fué importante en explicar la variación en producción total acumulada.

Un 50 % de la variación en los rendimientos acumulados fue explicada por la variación en niveles de P iniciales.

En otras palabras, la residualidad dejada por la etana agrícola fue destacable.

En 2do término vemos que, por cada unidad de ppm Bray I mayor en el momento de la siembra significaba 464 Kg de Materia Seca adicionales en la vida de la pradera. Esto se puede expresar de otra forma, dado que 11 Kg P_{2O_5} /ha agregado equivalen a 1 ppm Bray I de incremento cada 50 Kg de Superfosfato adicionales al comienzo tendríamos 464 Kg por MS más en la vida de la pradera.

Cabe acotar que esta relación lineal fue encontrada dentro de un rango que no incluye valores de P muy altos (máximo alcanzado 16 ppm). Probablemente si se hubiera trabajado con valores más altos esta relación dejaría de ser lineal para transformarse en una función asintótica o en una función cuadrática.

B. Rendimiento anual.

Es conocida la variación en producción anual que tiene una pradera convencional en su vida, dicho en otras palabras la poca estabilidad.

El análisis realizado consistió en ver la tendencia de los rendimientos del de los 75 tratamientos (figura 12).

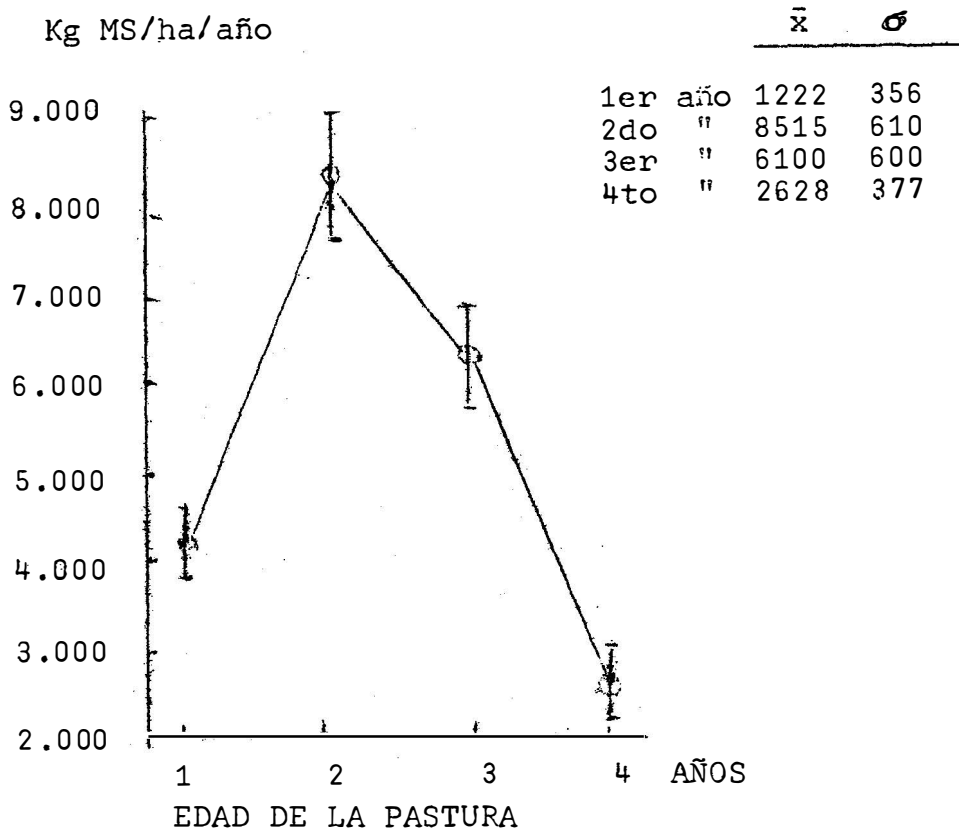
Existe un marcado pico de producción el 2do año (8.400 Kg MS/ha/año) seguido de un abrupto descenso el 3er y 4to año. Esto se puede asimilar bien a las tendencias vistas en numerosos ensayos y praderas en producción, por lo tanto, se descarta que la explicación esté en las variaciones climáticas entre años.

No interesa la diferencia entre el 1er y 2do año, ya que la baja producción del 1er año es lógica por el proceso de implantación en que se encuentra la pradera.

Sí es importante poder explicar las causas que determinan la evolución de la pradera desde el 2do año en adelante.

Esta pradera fue instalada con la residualidad fosfatada de la etapa agrícola, y sus valores fueron en descenso con el tiempo.

FIGURA 12: Rendimiento promedio y desviación standard vs. edad de la pastura.



Entonces, la pregunta que surge es, cual es la relación entre los descensos de producción y los descensos de los niveles de P.

La no existencia de un amplio rango de variación en los niveles de P "disponible" en los distintos años, nor no existir refertilizaciones, -- impide la realización de este tipo de análisis.

Lo que sí se puede decir, a nivel de observación, es que las tendencias de caída de los rendimientos de la pastura son más abruptas que las curvas de descenso del P. Esto supondría la existencia de otras causas independientes del factor P.

C. Rendimiento estacional.

Es conocida la variación estacional de la producción de las pasturas y su marcado déficit invernal. Trataremos de analizar aquí el efecto del P en la variación estacional (Cuadro 5)

En términos generales los cortes coinciden con determinadas estaciones. Con la producción por corte y la cantidad de días transcurridos entre cortes se estimó la tasa diaria de crecimiento en Kg MS/ha/día.

Se tomaron dos tratamientos contrastantes con alto y bajo nivel inicial de P (sin refertilizar).

Dentro de cada uno de los tratamientos se nota una variación importante entre estaciones en las tasas de crecimiento.

En general, el tratamiento de mayor fósforo inicial mostró mayores tasas, pero importa destacar que los mayores incrementos porcentuales en las tasas se dan sistemáticamente en otoño-invierno, variando desde un 50% hasta un 110% de incremento.

CUADRO 5: Tasas de crecimiento, Kg. de MS/ha/día.

<u>CORTE</u>	<u>DIAS</u>	<u>ESTACION</u>	<u>BAJO</u> <u>FOSFORO</u> <u>INICIAL</u>	<u>ALTO</u> <u>FOSFORO</u> <u>INICIAL</u>	<u>% DIFERENCIA</u>
2	131	OT.INVIERNO	12,4	18,70	más 51
3	71	PRIMAVERA	45,12	43,15	menos 4
4	162	VERANO	19,06	20,03	más 5
5	144	OT.INVIERNO	5,3	11,17	más 110
6	64	PRIMAVERA	41,57	54,62	más 31
7	117	VERANO	22,4	26,76	más 19
8	201	OT.INVIERNO	4,4	8,17	más 86
9	70	PRIMAVERA	19,3	24,42	más 27

Este fenómeno tiene su explicación:

- El suministro de P tiene mayor importancia al principio del ciclo vegetativo que al final. Si inicialmente las plantas tienen un suministro adecuado de P, la producción del P total absorbido es más que proporcional a la MS producida (1).
- Las observaciones de campo indican que las deficiencias de P son más pronunciadas a bajas temperaturas y por lo tanto el efecto de la fertilización más notorio (1).

Estos resultados ratifican la recomendación general de fertilización en otoño de las praderas con especies invernales.

V. COMPOSICION BOTANICA.

Ya se analizó la influencia del fósforo sobre la pastura desde un punto de vista cuantitativo. Se intentará estudiar este fenómeno "desde adentro", o sea, mirando el comportamiento del conjunto y de cada especie que lo integra. Lamentablemente no se cuenta con esta información para toda la vida de la pradera.

Se estudiará el séptimo, octavo y noveno corte, que corresponden al último período de vida de la pradera. Nos encontramos en el trecho final de la curva de degradación de la pastura.

Dentro de cada corte se analizó del total de MS producida cuál era la contribución cuantitativa de cada especie.

7mo Corte. Este fué desde el 10/XI/77 al 7/III/78 se puede asimilar el verano del 3er año de la pastura. La lluvia acumulada en el período fué de 620 mm.

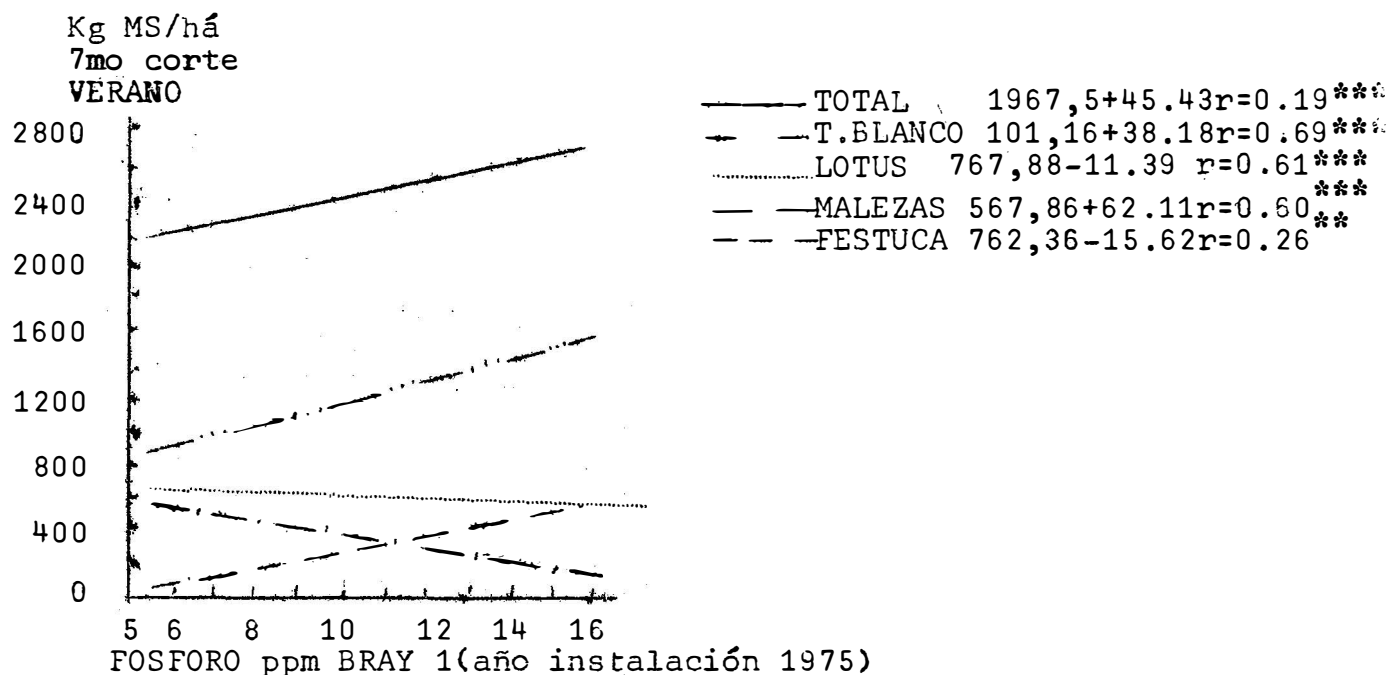
Se tomo como variable independiente el nivel inicial de P al instalar la pastura (1975) y como variables dependientes la producción de cada especie (las malezas se analizan como una especie más) y la del total (ver figura 13).

En primer término, cada una de las especies así como la producción total muestran asociaciones significativas con el valor de P inicial (1975).

Esto demuestra que existe un efecto residual de la fertilización con fósforo.

El Trébol blanco es la especie que muestra la asociación más alta y positiva con el P. ($r=0.69***$).

FIGURA 13: Producción total y por especie vs. nivel inicial de P.
Verano del 3er año.



La maleza (principalmente Cynodon) también muestra una asociación alta y positiva con el P. Es importante tanto en términos absolutos como relativos la alta producción de la maleza. Independientemente del factor fertilidad el verano se muestra como una estación muy apta en el desarrollo de las malezas.

La respuesta positiva de las malezas a fertilidad se podría explicar:

- Respuesta directa positiva al fósforo
- Respuesta indirecta al fósforo. más P entonces más T. blanco - entonces más N entonces más maleza.
- Combinación de los dos efectos.

En las respuestas negativas tenemos a la Festuca y al Lotus. La Festuca tiene una asociación débilmente negativa pudiendo considerarse más o menos estable.

El Lotus tiene una alta asociación pero sorprendentemente negativa. Es sabido que el Lotus individualmente sembrado tiene respuesta positiva al P. La explicación se encuentra en considerarlo en una mezcla de distintas especies en competencia.

La variación en la composición botánica debido a los distintos niveles de P, no es en general consecuencia de la competencia directa por P.

Dado que el P tiene muy poca movilidad en el suelo, las raíces absorben el P de la solución del suelo suministrado por la fase sólida que está bien cerca de ellas. Por lo tanto, las raíces deben estar muy cerca para que exista competencia directa por P (1).

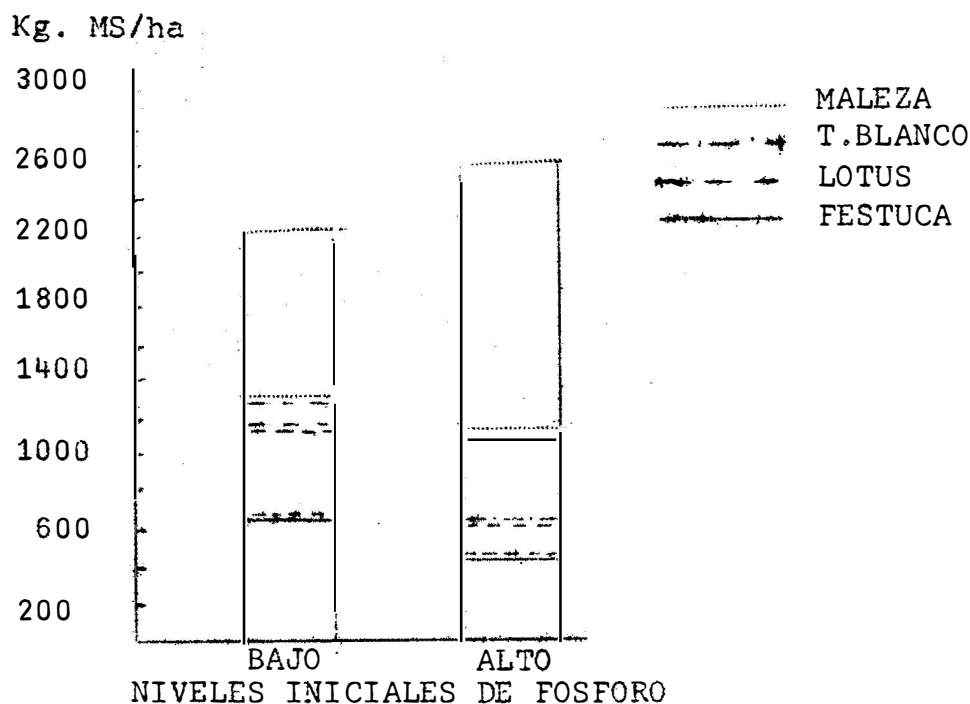
Al fertilizar se favorece a las especies más exigentes en P que la

tan exigentes, pasando entonces a competir por otros factores de crecimiento.

La respuesta negativa del Lotus sería de carácter indirecto al aumentar el P el T. blanco y/o la maleza hacen un mejor uso de éste, logran mayor desarrollo y deprimen al Lotus al competir por otros factores. Estas mismas tendencias ya han sido reportadas en nuestro país por otros autores (2).

Sintetizamos este corte en dos situaciones contrastantes (figura 14)

FIGURA 14: Producción total y por especie, 7mo corte
10/XI/77 al 7/III/78 (3er año).



La maleza es importante a baja fertilidad y aumenta al aumentar el fósforo, en forma tal que sola supera a la suma de las especies sembradas.

Las especies sembradas tomadas como conjunto disminuyen su producción, debido a la competencia de las amalezas al aumentar el P. Es pobre la competitividad de las especies sembradas frente a las malezas.

8vo Corte. Comprende desde el 7/III/78 al 28/IX/78, lo asimilamos al otoño-invierno del cuarto año de la pastura. Lluvia acumulada 535 mm. Se realizó el mismo análisis: P al momento de instalación como variable independiente vs. producción total y por especie (figura 15).

En primer término se ve que la producción total está asociada positiva y muy significativamente a la variable P. Existe efecto residual del fósforo.

Si desglosamos la producción total vemos que el T. blanco es la especie más asociada a la variable P ($r = 0,74 ***$) en forma positiva, a tal punto que es su contribución la que determina la tendencia de la producción total.

La Festuca al igual que en el corte anterior la podemos considerar más o menos estable.

Importa destacar en comparación con el corte anterior la abrupta pérdida de importancia de las malezas, tanto a bajas como altas fertilidades iniciales de P.

Esto se debe a que las malezas, principalmente *Cynodon*, son de ciclo estival, expresando su potencial en esta estación.

Sintetizamos este corte en un histograma con dos situaciones contrastantes (figura 16).

FIGURA 15: Producción total y por especie vs. nivel inicial de P.
Otoño-invierno del 4to año.

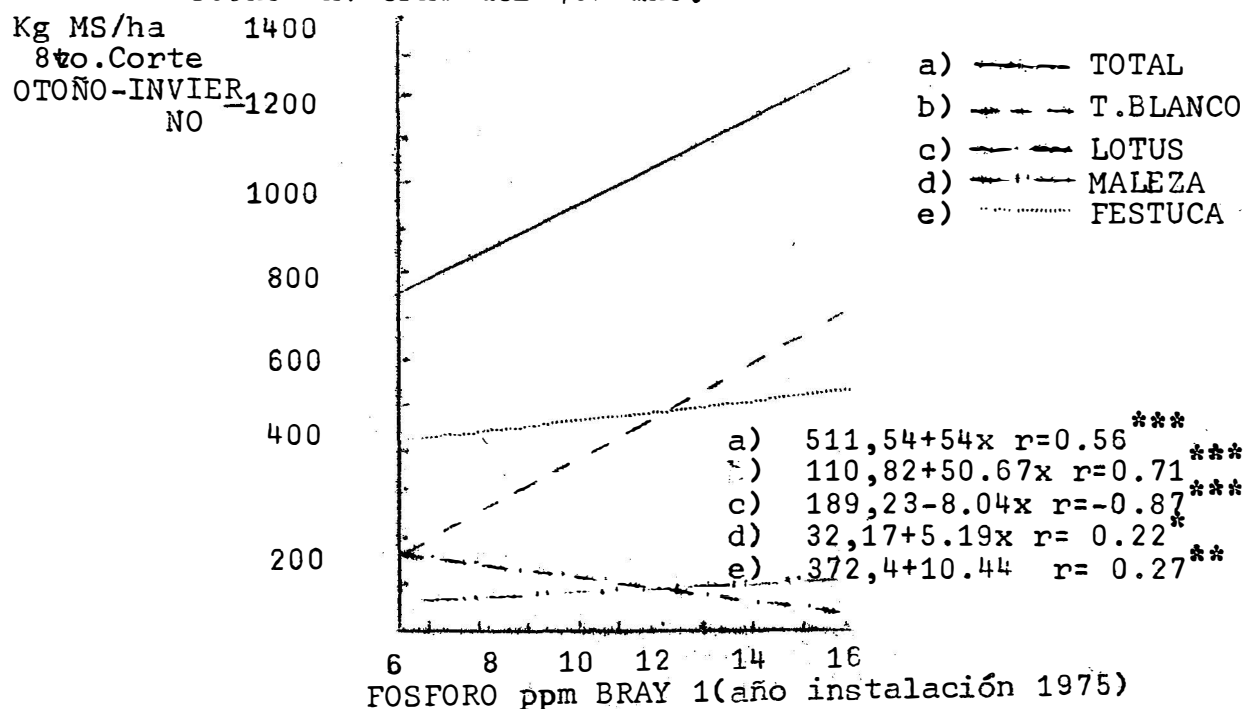
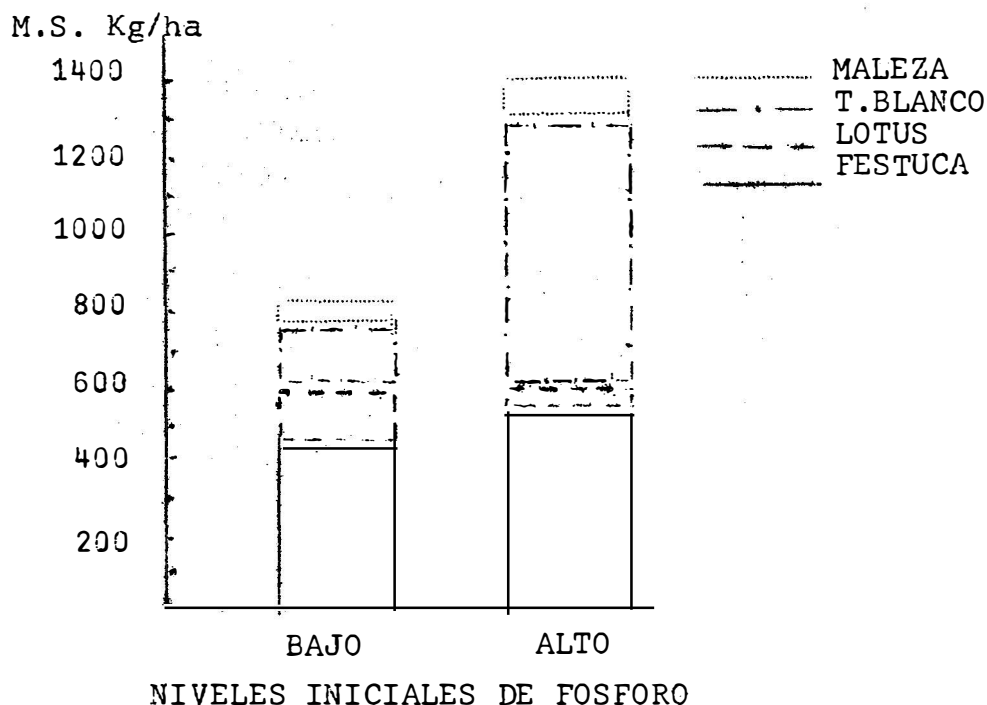


FIGURA 16: Producción total y por especie. 8vo corte. 7/III al 8/IX/78
Cuarto año.



La producción total tiene una asociación positiva y significativa con P, siendo la contribución más importante a esta tendencia la dada por el Trébol blanco y la maleza. La maleza entra a cobrar una importancia mayor con respecto al corte anterior.

El Lotus muestra una asociación fuerte y negativa ya vista en el 7mo corte, que se puede explicar en forma similar.

9no Corte. Comprende desde el 28/IX/78 al 8/XII/78 , corresponde a la 4ta. y última primavera. Lluvia acumulada 372 mm. (figuras 17 y 18).

FIGURA 17: Producción total y por especie vs. nivel inicial de P Primavera del 4to año.

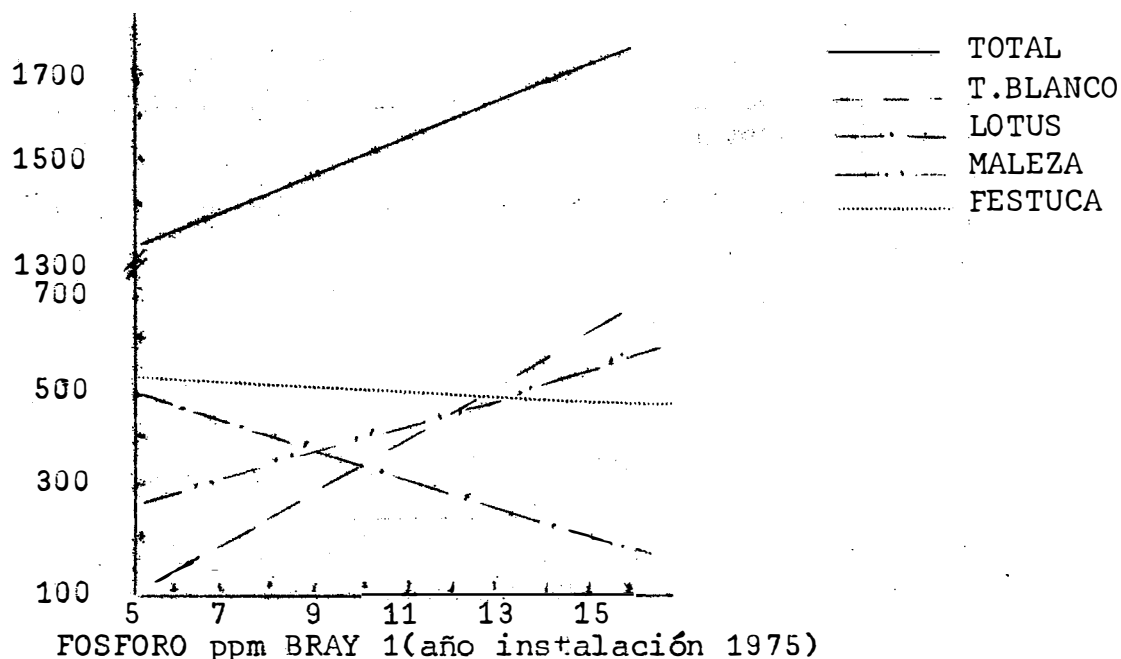
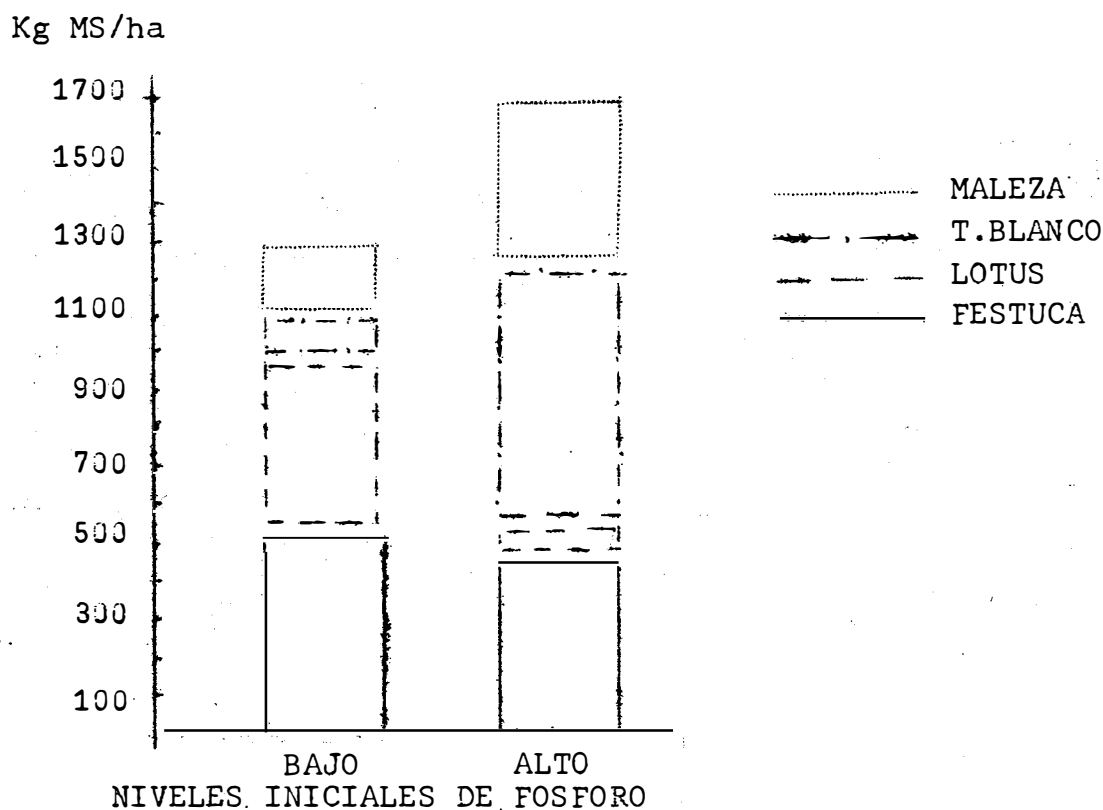


FIGURA 18: Producción total y por especie. 9no Corte 28/IX al 8/XII/78 4to año.



VII. CONCLUSIONES GENERALES.

1. A partir del momento que se deja de fertilizar, los valores de P "disponible" alcanzados disminuyen a medida que transcurre el tiempo.
2. El P "disponible" nativo tiene estabilidad en el tiempo. El sistema se opone a cambios en los niveles naturales de P "disponible" por vía de una reposición lenta desde el "no disponible".

3. Los requerimientos de P de la pastura medidos como consumo (Kg. P_2O_5 /ha) son máximos el segundo año y luego decrece.
4. El suelo y sus mecanismos de equilibrio sería el principal agente causal de los descensos de los valores de P "disponible" alcanzado por fertilización.
5. La eficiencia de cada unidad de P agregado en aumentar la disponibilidad en el suelo es aproximadamente constante e independiente del nivel en que se encuentre.
6. La producción total acumulada se explica en un 50 % por la variación del nivel de P en la instalación.
7. La producción anual es variable, máxima el 2do año y luego decae.
8. En la variación estacional el P resulta tener mayor importancia relativa en otoño-invierno.
9. A nivel de especies son las leguminosas las que muestran sistemáticamente los niveles de asociación más altos con la variable P. En 1er término el T. blanco por asociación positiva por efecto directo. En 2do lugar el Lotus con una asociación negativa por efecto indirecto de competencia. La maleza tiene respuesta positiva al P, siendo especialmente importante en verano.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. BLACK. C.A. Relaciones Suelo Planta. Ed. Hem. Sur. 1975.
 2. CASTRO E. GONZALEZ I. GUTIERREZ A. MENDOZA N. Y MORALES R. Proyecto Regional de la zona de Basalto. La Estanzuela. Pasturas II 1973.
 3. CASTRO J. ZAMUZ E. M. de y BARBOZA S. Fert. de Pasturas en el Litoral Oeste CIAAB. LA ESTANZUELA (EN PRENSA) 1977.
 4. CASTRO J.L. ZAMUZ E.M. de y OUDRI N. Guía para la fert. de Pasturas. Revista AIA 2da Epoca N- 11, 1978.
 5. COMITE ECONOMICO CONJUNTO (CEC) DE LA SOC. RURAL DEL URUGUAY Y FEDERACION RURAL. Rentabilidad de la prod. pecuaria durante el ejercicio 1980. Revista de la Fed. Rural Marzo 1981.
 6. LA ESTANZUELA CIAAB Fert. de Pasturas Boletín de Divulgación N 5 1971.
-