

MINISTERIO DE EDUCACION Y CULTURA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

T.1663

EFICIENCIA Y EFECTO RESIDUAL DE
DISTINTAS FUENTES DE FOSFORO
EN CULTIVOS ANUALES

por

Gustavo Guillamon Sanz

TESIS

presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo (Orientación Granjera).

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA

Montevideo

URUGUAY

1984

TESIS aprobada por:

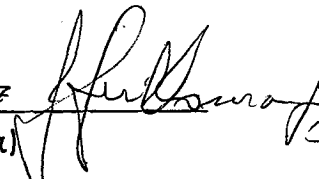
Director: ING AGR. ARMANDO RABUFFETTI
(Nombre completo y firma)

ING AGR. ALFREDO CHIAVATONE
(Nombre completo y firma)

ING AGR. OMAR CASANOVA
(Nombre completo y firma)

Fecha: _____

Autor: GUSTAVO GUILLAMON SANZ
(Nombre completo y firma)



AGRADECIMIENTOS

Damos nuestro sincero agradecimiento a las siguientes personas:

- Ing. Agr. Armando Rabuffetti, e Ing. Agr. Alfredo Chiavatone por el asesoramiento y colaboración permanentemente prestados en todas las etapas del trabajo.
- Bach. Julio Cabrera por su colaboración en los trabajos de campo.
- Bach. Leticia M. de Varzaban, Ing. Agr. Jorge Hernández e Ing. Agr. Carlos Moltini por su aporte y colaboración en los análisis de laboratorio.
- Ing. Daniel La Buonora por su asesoramiento y colaboración en el procesamiento y análisis estadístico de los datos.
- A todos los integrantes de la Cátedra de Suelos de la Facultad de Agronomía y de la Dirección de Suelos y Fertilizantes del M.A.P., que de una u otra forma hicieron posible la finalización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
2.1 DISPONIBILIDAD DE FOSFORO DEL SUELO	3
2.2 DISPONIBILIDAD DE FOSFORO DE LOS FERTILIZANTES	5
2.3 EFICIENCIA DE LAS DISTITNAS FUENTES DE FOSFORO	11
2.3.1 Localización del fertilizante	11
2.3.2 Tamaño de la partícula y granulación	13
2.3.3 Tipo de suelo y sus propiedades	15
2.3.4 Características del cultivo	19
2.3.4.1 Longitud del ciclo	19
2.3.4.2 Extensión del sistema radicular	19
2.3.4.3 Capacidad del sistema radicular para aprovechar el P ligado al calcio	19
2.3.5 Tiempo de reacción y efecto residual	20
2.3.6 Origen de la fosforita	27

3.	<u>MATERIALES Y METODOS</u>	30
3.1	UBICACION DE LOS ENSAYOS	30
3.2	TIPO Y CARACTERIZACION DE LOS SUELOS	30
3.3	ESPECIES UTILIZADAS	31
3.4	TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	32
3.4.1	Fuentes de fósforo	32
3.4.2	Diseño experimental	33
3.5	MANEJO DE LOS ENSAYOS	35
3.5.1	Risso	35
3.5.1.1	Año 1979 - Avena	35
3.5.1.2	Año 1980 - Trigo	36
3.5.1.3	Año 1981/82 - Sorgo	37
3.5.2	SanRamón	40
3.5.2.1	Año 1980 - Avena	40
3.5.2.2	Año 1981 - Trigo	41
3.6	DETERMINACIONES ANALITICAS	42
3.6.1	Análisis de suelos	42
3.6.2	Análisis de plantas	42
3.7	ANALISIS ESTADISTICO	43
3.8	SIMBOLOGIA UTILIZADA	44
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	46
4.1	INFORMACION DE CULTIVOS	46
4.1.1	Risso	46
4.1.1.1	Año 1979 - Avena	46
4.1.1.2	Año 1980 - Trigo	57
4.1.1.3	Año 1981/82 - Sorgo	67
4.1.2	San Ramón	79
4.1.2.1	Año 1980 - Avena	79
4.1.2.2	Año 1981 - Trigo	89

4.2	INFORMACION DE SUELOS	100
4.2.1	Risso	100
4.2.2	San Ramón	110
5.	<u>RESUMEN</u>	116
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	117
6.1	RISSE	117
6.2	SAN RAMON	119
7.	<u>APENDICE</u>	121
7.1	RISSE	122
7.2	SAN RAMON	134
8.	<u>LITERATURA CITADA</u>	142

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Comparación de la solubilidad de algunas fosforitas molidas y valor agronómico estimado	8
2	Componentes fosfatados de los fertilizantes y algunas de sus características	10
3	Porcentaje Superfosfato equivalente (PSE) para cada una de las fuentes probadas a 3 niveles de fertilización, aplicado al voleo, con incorporación en presiembra. Cultivo de maíz sobre pradera arenosa	14
4	Eficiencia relativa de cada fertilizante con respecto al Hiperfosfato	28
5	Eficiencia relativa de cada fertilizante con respecto al Hiperfosfato	28
7	Fósforo total y fósforo soluble en algunos solventes en muestras de Superfosfato y Superfós	33
8	Tratamientos aplicados en los ensayos de Risso y San Ramón	34
9	Producción de avena y fósforo absorbido en función de los tratamientos aplicados. Risso, 1979	47

10	Análisis de varianza para cada uno de los parámetros anteriormente descriptos. Risso, 1979	49
11	Funciones de respuesta al fósforo aplicado para cada una de las fuentes y para cada parámetro evaluado. Risso, 1979	52
12	Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg de M.S. y kg P absorbido por kg de P aportado/ha. Risso, 1979	56
13	Producción de trigo y absorción de fósforo en función de los tratamientos aplicados. Risso, 1980	58
14	Análisis de varianza para cada uno de los parámetros antes descriptos. Risso, 1980	60
15	Funciones de respuesta al fósforo aplicado para cada una de las fuentes y para cada parámetro evaluado. Risso, 1980	62
16	Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg de M.S. o de kg de P absorbido por kg de P/ha aportado. Risso, 1980	66
17	Producción de sorgo y absorción de fósforo en función de los tratamientos aplicados. Risso, 1981/82.	68
18	Análisis de varianza para cada una de las variables citadas. Risso 1981/82	70
19	Funciones de respuesta al fósforo aplicado para cada una de las fuentes y para cada parámetro evaluado. Risso, 1981/82	73

20	Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg M.S. producida o kg P absorbido por kg de P aportado/ha. Risso, 1981/82	78
21	Producción de avena y absorción de fósforo en función de los tratamientos aplicados. San Ramón, 1980	80
22	Análisis de varianza para cada una de las variables citadas. San Ramón, 1980	82
23	Funciones de respuesta al fósforo aplicado para cada una de las fuentes y para cada pa rámetro evaluado. San Ramón, 1980	84
24	Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg M.S. producida o kg P absorbido por kg de P aportado/ha. San Ramón, 1980	88
25	Producción de trigo y absorción de fósforo en función de los tratamientos aplicados. San Ramón, 1981	90
26	Análisis de varianza para cada una de las variables citadas. San Ramón, 1981	92
27	Funciones de respuesta al fósforo aplicado para cada una de las fuentes y para cada parámetro evaluado. San Ramón, 1981	95
28	Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg M.S. producida o kg P absorbido por kg de P aportado/ha. San Ramón 1981	99

Cuadro No.Página

29	Fósforo asimilable del suelo (Bray) en función de los tratamientos aplicados. Risso	101
30	Análisis de varianza de los valores de fósforo asimilable de los muestreos de Risso	103
31	Funciones de respuesta del fósforo asimilable del suelo frente al agregado de fósforo Risso	105
32	Fósforo asimilable del suelo (Bray) en función de los tratamientos aplicados. San Ramón	111
33	Análisis de varianza de los valores de fósforo asimilable en los muestreos de San Ramón	112
34	Funciones de respuesta del fósforo asimilable del suelo frente al agregado de fósforo. San Ramón	113

Gráfico No.

1	Rendimiento relativo de P de la cebada luego de una única aplicación de P equivalente a 336 kg/ha de P_2O_5	21
2	Rendimiento relativo en grano de la cebada luego de una única aplicación de P equivalente a 336 kg/ha de P_2O_5	22
3	Efectos residuales de una única dosis de P aplicada en 1963 en un suelo no calcáreo sobre Cristalino	25

4	Producción de avena (1er.corte) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso, 1979	53
5	Producción de avena (total) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso 1979	54
6	Absorción de P (1er. corte) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso 1979	54
7	Absorción de P (total) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso 1979	55
8	Producción de trigo (grano) en el estadio de "grano lechoso", en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso, 1980	63
9	Producción de trigo (grano maduro) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso 1980	64
10	Absorción de P (total) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso 1980	65
11	Porcentaje de P en las hojas de sorgo en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso 1981/82	74
12	Producción de sorgo (parte vegetativa) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso 1981/82	75

13	Producción de sorgo (panoja) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso 1981/82	76
14	Absorción de P (total) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso 1981/82	77
15	Producción de avena (1er. corte) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. San Ramón 1980	85
16	Producción de avena (total) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. San Ramón 1980	86
17	Absorción de P total en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. San Ramón 1980	87
18	Producción de trigo (planta entera) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. San Ramón 1981	96
19	Producción de trigo (grano) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. San Ramón 1981	97
20	Absorción de P total en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. San Ramón 1981	98
21	P asimilable en el suelo (1er. muestreo) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso	106

22	P asimilable en el suelo (2do.muestreo) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso	107
23	P asimilable en el suelo (3er. muestreo) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso	108
24	P asimilable en el suelo (4to. muestreo) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. Risso	109
25	P asimilable en el suelo (3er.muestreo) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes. San Ramón	114

1. INTRODUCCION

Es un hecho conocido la necesidad de disponer de un adecuado nivel de fósforo (P) en los suelos para la eficiente producción de cultivos anuales.

Precisamente, debido a que los mismos completan su ciclo de crecimiento y producción en períodos más o menos breves (90 a 130 días), la disponibilidad de P en las etapas en que el cultivo lo requiere debe ser asegurada.

Los cultivos requieren en general, fósforo en dos fases de su desarrollo. En primer lugar requieren altas concentraciones de fósforo inmediatamente disponible cuando las plantas inician su crecimiento. Ello es debido a que si bien en este momento las necesidades en cantidad de fósforo son bajas, las plantas carecen de un sistema radicular importante y no pueden por lo tanto utilizar eficientemente el fósforo del suelo. En segundo lugar, cuando el cultivo o pastura están en pleno crecimiento es que se absorbe la mayor cantidad de fósforo, siendo en ese momento necesaria una adecuada distribución del fósforo en el volumen de suelo que las raíces van a explorar.

Por eso, tradicionalmente, la fertilización fosfatada se realiza con fertilizantes que aseguren esa disponibilidad inicial de P, incluyéndose predominantemente fosfatos solubles en agua o citrato de amonio. Por otra parte, existen antecedentes experimentales (Labella y Amén

dola, 1975) que demostraron que en cultivos de verano y para zonas arenosas, que efectivamente la mayor eficiencia de uso del P en términos de producción de grano se da con fertilizantes solubles en agua.

No obstante, antecedentes experimentales en otros países han demostrado que el uso de fertilizantes fosfatados parcialmente solubles en agua o citrato de amonio puede ser económicamente viable cuando se comparan las eficiencias en términos económicos. En efecto, la obtención de fertilizantes fosfatados parcialmente solubles es un proceso más económico que la producción de fertilizantes con 90 o 100 por ciento de su P totalmente soluble al agua.

Lo mayor de la producción de cultivos en nuestro país ha estado clásicamente localizada en el litoral y sur sobre suelos medios a pesados que incluyen Brunosoles, Argisoles y Vertisoles.

No existen antecedentes sobre la eficiencia relativa de las fuentes fosfatadas solubles y parcialmente solubles en estos suelos en términos de producción de cultivos anuales.

Teniendo en cuenta estos hechos y a efectos de iniciar la evaluación de fuentes fosfatadas para cultivos anuales en zonas pesadas del área agrícola, se realizó el presente trabajo con los siguientes objetivos: estudiar en dos suelos de distintas propiedades físicas y químicas comparativamente las respuestas al agregado de P bajo dos fuentes fertilizantes en la producción de cultivos anuales y observar los efectos residuales relativos del agregado de ambas fuentes en el P disponible del suelo.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

La importancia de la fertilización fosfatada para todos los cultivos y pasturas es muy conocida. En este trabajo se hará hincapié en lo que se refiere a cultivos cerealeros. Existe controversia en cuanto a varios aspectos de la nutrición fosfatada. Se tratará de aclarar los puntos claves a tener en cuenta en la incidencia del fósforo (P) sobre el rendimiento de los cultivos.

2.1 DISPONIBILIDAD DE FOSFORO DEL SUELO

Algo fundamental a tener en cuenta es que la disponibilidad real de fósforo la determina el propio cultivo, o sea que, se pueden hacer estimaciones de la disponibilidad mediante métodos de análisis químicos pero sin olvidar que los datos obtenidos no son más que estimaciones.

Si los datos de análisis tienen buena correlación con la disponibilidad real para el cultivo, se puede afirmar que para ese suelo y ese cultivo, el método es apropiado. Entonces se considera que el valor de un método de análisis está determinado por la exactitud con que dicho método puede predecir la respuesta de un cultivo a la fertilización. (Morgan, 1941; Jeny, 1950; Bray, 1948).

La respuesta de un cultivo a la fertilización fosfatada puede ser estudiada en el campo o bien en el in-

vernáculo o en ensayos con macetas. Muchos investigadores convienen en resaltar que los ensayos de campo tienen mucho mayor significación práctica que los otros.

Es algo reconocido que los cultivos difieren en su habilidad para desarrollarse en un determinado nivel de fósforo disponible. Bray (1948) y Long (1947, 1951) agruparon sus datos por cultivos antes de preparar las gráficas y buscar las correlaciones entre las respuestas de los cultivos y los datos de los análisis. Considerando que las diferencias absolutas de rendimientos entre los distintos tratamientos y ensayos pueden variar en gran forma debido a diferencias en la productividad del suelo o efectos estacionales, sugirieron trabajar con rendimientos en valores porcentuales.

Casi todos los trabajos que se han publicado sobre la correlación de datos de análisis con los de respuesta de cultivos parecen haber derivado de experiencias pensadas y diseñadas con otros propósitos (Bray, 1944; Long, 1947; Hockensmith et al., 1933) más que de experiencias especialmente pensadas para el estudio de dichas correlaciones.

En nuestro país, Zamuz y Castro (1974) realizaron una evaluación de métodos de análisis de suelo para determinar fósforo asimilable. Se probaron en este experimento, tres índices de disponibilidad que utilizan a la planta como indicador: rendimiento absoluto, rendimiento relativo y rendimiento en fósforo. A este último puede considerársele como índice absoluto de disponibilidad, ya que la capacidad de un suelo de suministrar P a un cultivo tiene que estar relacionada necesariamente -

con el fósforo absorbido por las plantas en condiciones controladas de invernáculo.

La correlación entre los valores de los distintos métodos de análisis es tan alta para este grupo de suelos que no permite establecer diferencias entre ellos para predecir la capacidad para suministrar P a un cultivo. La elección de uno u otro dependerá de su mayor o menor facilidad y rapidez de ejecución, así como del costo del análisis. Parece necesario incluir en los futuros trabajos, distintos suelos fertilizados con distintas fuentes de P.

En nuestro país, el método más usado para evaluar disponibilidad de P es el Bray 1.

2.2 DISPONIBILIDAD DE FOSFORO DE LOS FERTILIZANTES

Desde que se inició la industria de los fertilizantes fosfatados, han sido necesarios métodos de análisis químicos. Desde entonces, las razones de competencia en el mercado y el propio interés del consumidor, han requerido la realización de controles de calidad de los distintos fertilizantes por parte de los fabricantes y las autoridades competentes, siendo la solubilidad la característica más importante a medir.

Tratándose de fertilizantes fosfatados, solubilidad significa la cantidad de P que puede ser extraída de una muestra en determinadas condiciones preestablecidas. - Cuando se habla de calidad de un fertilizante fosfatado, se refiere a la eficacia de ese material para el crecimiento del cultivo, por tanto, el mejor indicador de calidad es la respuesta del cultivo en el campo.

De acuerdo con esto, se han tratado de desarrollar procedimientos de análisis rápidos cuyos resultados se correspondan lo más estrechamente posible con la performance de los cultivos en el campo. Numerosos métodos se han propuesto pero sólo algunos han tenido aceptación y son usados como métodos oficiales en muchos países.

Según las normas legales vigentes en nuestro país, el fabricante debe garantizar el porcentaje de fósforo total y el de "P asimilable" de los fertilizantes. Dichos contenidos deben expresarse como equivalentes en P_{2O_5} . El "P asimilable" se determina por el método sugerido por la Association of Official Agricultural Chemists - (A.O.A.C.) en 1960. A continuación se describirá el método para poder conocer su significado y sus limitaciones.

Una muestra molida de un gramo de fertilizante se pone sobre papel de filtro y se lava sucesivamente con pequeñas porciones de agua hasta recoger 250 ml de filtrado. Si determinamos el P contenido en el filtrado, obtendremos el P soluble en agua. Posteriormente, el residuo de la extracción con agua, es lavado con 100 ml de una solución neutral de citrato de amonio 1N. El P extraído por esta solución es el P soluble en citrato. El P soluble en citrato más el P soluble en agua constituyen lo que se denomina "P asimilable".

Existe otro método de análisis que fue propuesto por Wagner et al., en 1903, que consiste en el uso de ácido cítrico al 2 por ciento como reactivo extractante. Su uso fue adoptado por la AOAC para las "escorias básicas" (Haskins et al., 1923). Posteriormente, (Jacob et al.

1949), demostraron que en una solución de un gramo de muestra en 100 ml de solvente, los resultados de dicho análisis daban casi igual que los datos de solubilidad en una solución neutral de citrato de amonio y por ello la AOAC abandonó el método de Wagner en 1949. Robertson (1914) describió el test del ácido cítrico usado en algunos países como test para calcio (Ca) más que para fósforo (P), y además mostró que una segunda extracción de P mineral disuelve más P que la primera. O sea que la fracción insoluble en el citrato era más soluble que el material original. Rosanov (1934) mostró que los residuos que no disolvió el ácido cítrico en ciertos minerales fosfatados resultaron ser más eficientes que en sayos maceteros que los fosfatos no tratados. La remoción del Ca por obra del ácido cítrico incrementó la disponibilidad de los fosfatos. Estos datos indicarían que la estimación de la disponibilidad de P a través del método del cítrico no necesariamente separa la parte más activa en los fosfatos básicos de Ca.

La disolución del P es controlada mayormente por el grado en que el Ca forme complejos con el citrato y también decrece con el incremento del tamaño de los componentes cristalinos y el contenido de apatita (Terman, Hoffman, B.C.Wright, 1964).

La técnica del ácido cítrico es útil para detectar diferencias de valor agronómico entre fosforitas de distintos yacimientos, los que según se ha visto son significativos. (Brown y Jacob, 1945).

Cuadro 1 - Comparación de la solubilidad de algunas fosforitas molidas (según los test del Citrato de Amonio y del Acido Cítrico) y valor agronómico estimado en base a rendimientos de mijo en invernáculo.

Brown y Jacob (1945), tomado de Pierre y Norman (1953).

TIPO Y/O FUENTE DE ROCA FOSFATADA	CONTENIDO TOTAL (P ₂ O ₅)	SOLUBILIDAD DEL P ₂ O ₅ % DEL TOTAL DE P ₂ O ₅ CITRATO DE NH ₄ NEUTRO		PESO RELATIVO DEL CORTE (MIJO)
			ACIDO CITRICO	
South Carolina	26,9	17	29	78
Curaçao	40,7	14	36	60
Morocco	33,5	13	31	56
Florida	34,0	8	20	42
Florida (hard rock)	36,0	8	20	45
Idaho	32,4	7	20	43

NOTA: Todas las muestras tenían la misma finura (100 mesh) Rendimiento con superfosfato fue 100. Todos los fosfatos fueron aplicados a razón de 288 kg/ha de P₂O₅ en un suelo arenoso fino de pH 5,5. El rendimiento testigo fue 40.

Por los motivos expuestos, la elección y adopción de un método de análisis resulta compleja ya que la técnica de laboratorio pretende simular lo que sería la disolución de los fosfatos en la naturaleza. Entonces se puede

inferir que así como hay distintos fertilizantes hay también distintos suelos, distintos niveles de contenido de P_2O_5 y niveles de P en el suelo, volúmenes de solución extractante y contenidos de humedad del suelo, - distintas proporciones muestra/solvente de la técnica y dosis de fertilización, técnicas para el contacto de la muestra con el solvente y distintas formas de esparcir el fertilizante en el suelo, distintos tiempos de duración de la extracción y ciclo de crecimiento de los cultivos, etc.

Se puede decir que por cada factor de variación que pueda tener la técnica de laboratorio, habría un factor análogo en el proceso natural que sufren los fosfatos en el cultivo.

En el siguiente cuadro se enumeran los compuestos que tienen la mayor parte del P de los fertilizantes generalmente usados, mostrándose su solubilidad en agua y citrato de amonio neutro.

Cuadro 2 - Componentes fosfatados más comunes en los fer
tilizantes y algunas de sus características.
Labella (Revista de la AIA, 1979)

COMPUESTO	sol.en agua	Sol.en citrato de amonio
Acido fosfórico	si	si
Fosfato monocálcico	si	si
Fosfato dicálcico	no	si
Fosfato tricálcico	no	si
Fosfato de amonio		
Monoamónico	si	si
Diamónico	si	si
Apatitas		
Fluorapatita	no	parcialmente
Cloroapatita	no	parcialmente

Las plantas (Black, 1975) absorben sólo el P que está como ortofosfato disuelto en la solución del suelo. Por ésto, el P que está en formas solubles en agua es directamente asimilable. El P insoluble en agua no podrá ser utilizado por éstos hasta que los componentes que lo contienen se descompongan y den lugar a la formación de fosfatos solubles.

Existe en todos los casos una interacción suelo-fertilizante que debe ser tenida muy en cuenta cuando comparamos las distintas fuentes de fósforo.

2.3 EFICIENCIA DE LAS DISTINTAS FUENTES DE FOSFORO

Las fuentes solubles en agua normalmente son eficientes en suministrar fósforo bajo todas las condiciones en que el nutriente es limitante. Por ese motivo es usual que en los experimentos en que se comparan fuentes entre sí, se use como referencia una fuente de este tipo. Lo más común es el uso de Superfosfato simple (SFS) o Superfosfato triple (SFT). El SFT tiene como ventaja, para este tipo de experimentos, su bajo contenido en azufre, mientras que la superioridad del SFS frente a otras fuentes podría deberse a esta causa.

Al comparar fuentes de P debe tenerse en cuenta que la eficiencia relativa puede ser afectada por los siguientes factores:

- 1) Localización del fertilizante (voleo o bandas)
- 2) Tamaño de la partícula y granulación
- 3) Tipo de suelo y algunas de sus propiedades
- 4) Características del cultivo
- 5) Tiempo de reacción y efecto residual
- 6) Origen de la fosforita

2.3.1 Localización del fertilizante

La aplicación localizada (en bandas) de los fertilizantes perjudica a las fuentes de baja solubilidad en agua. Webb y Pesek (1958) observaron que el grado de solubilidad en el agua de los fertilizantes ejerció una marcada influencia en el crecimiento, absorción de P y rendimiento de maíz en 20 ensayos de campo, con rangos de pH entre 5,3 y 8,0 y un rango de fertilización de 12 a 36 kg/ha de P_2O_5 total, con varias fuentes de P

aplicadas en bandas. Los suelos de pH bajo igualmente tuvieron respuesta bien correlacionada con el porcentaje de solubilidad en agua del fertilizante. El uso de P^{32} en uno de los ensayos reveló que la fracción de P en la planta derivada del fertilizante incrementó significativamente con el incremento de la solubilidad del mismo. Aún así, el nivel de fertilización y la fuente de P tuvieron sólo un pequeño efecto en el contenido total de P en las hojas jóvenes. El marcado efecto del nivel de P soluble agregado es muy consistente a pesar de la gran variedad de fuentes de P y de suelos usados en el experimento. Esto puede ser debido a que el tener una alta concentración de fertilizante en un pequeño volumen de suelo hayan predominado las propiedades del fertilizante frente a las del suelo en la banda de fertilización. Al reducirse el contacto suelo-fertilizante, se reduce la fijación de las formas más solubles, es posible que esta circunstancia exagere las diferencias de respuesta entre las fuentes de alta y baja solubilidad en agua.

En síntesis, con fertilización en bandas se utilizan menores dosis en kg/ha y se aplican en la siembra, o sea que hay menor tiempo de reacción suelo-fertilizante. Se provoca efecto de arranque (starter) y para ello el cultivo necesita P rápidamente disponible. En estos primeros estados de desarrollo el volumen explorado por las raíces es pequeño y el objetivo es levantar en forma inmediata el nivel de P en ese pequeño volumen de suelo.

En cambio, con fertilizaciones al voleo y con incorporación en presiembra, hay una mayor dilución del fer-

tilizante en el suelo y un mayor tiempo de reacción, lo que permite una reacción completa entre el fertilizante y el suelo. Esta forma de fertilización no favorece la absorción temprana de P, el objetivo de la misma es levantar el nivel de P disponible en toda la capa arable del suelo.

2.3.2 Tamaño de la partícula y granulación

El efecto de la granulación es semejante al de la localización. Las fuentes altamente solubles se ven favorecidas por su preparación en gránulos grandes, pues al reducirse el contacto con el suelo se disminuye la fijación del P.

Con respecto a las fuentes poco solubles, tenemos que al disminuir el tamaño de partícula de las fosforitas, aumenta el contacto con la solución del suelo y las raíces (Barnes y Kamprath, 1975). Las ventajas de las partículas más pequeñas sobre la disponibilidad de las fosforitas es mayor a valores altos de pH (Joos y Black, - 1950). El efecto del tamaño de partícula ha sido pequeño en la mayoría de las investigaciones, probablemente porque se ha trabajado dentro de un rango en el cual las partículas mayores ya eran suficientemente pequeñas.

Numerosos trabajos (Cooke, Mattingly y Widdowson, - 1958; Kilmer y Webb, 1968; Terman, 1957; Terman, Dent y English, 1969; Webb, Kalju y Pesek, 1961) han demostrado que la granulación de las fosforitas insolubles en agua baja su eficiencia relativa y que esta disminución es mayor cuanto mayor es el tamaño del gránulo.

Obsérvese la variación de la respuesta del Hiperfosfato en polvo y granulado en el siguiente cuadro.

Cuadro 3 - Porcentaje superfosfato equivalente (PSE) para cada una de las fuentes probadas a tres niveles de fertilización (60, 120 y 180 kg/ha de P_2O_5 total), aplicado al voleo con incorporación en presiembra. Cultivo de maíz sobre pradera arenosa.

FUENTE DE P	DOSIS EN KG/HA DE P_2O_5 TOTAL		
	60	120	180
Superfosfato (granulado)	100	100	100
Hiperfosfato (polvo)	59	58	59
Hiperfosfato (granulado)	21	28	42
Superfós (granulado)	33	55	105

Porcentaje superfosfato equivalente significa la cantidad de fósforo aplicado como superfosfato necesario para producir el mismo rendimiento que la dosis correspondiente en cada fuente considerada. Se toma como referencia valor 100 para el rendimiento con el Superfosfato en la dosis correspondiente. (Labella y Améndola, 1975).

Este comportamiento se explica pues al granularse y cuanto mayor es el tamaño del gránulo, se disminuye el contacto con el suelo, dificultándose la solubilización.

Webb, Kalju y Pesek (1961) observaron en una experiencia con distintas fuentes aplicadas al voleo en maíz sobre suelo calcáreo, que el tamaño de gránulo mostró importancia en la disponibilidad de P solamente en las fuentes de más baja solubilidad.

2.3.3 Tipo de suelo y sus propiedades

Las diferencias entre fuentes solubles e insolubles en agua son máximas en suelos de pH alto (neutros o alcalinos) y disminuyen en suelos ácidos. Esto se debe a que la acidez del suelo acelera la disolución del P insoluble y a que en suelos ácidos el P soluble tiende a fijarse rápidamente.

Webb y Pesek (1959) observaron en una experiencia con fertilización al voleo e incorporación en presiembra en maíz que el porcentaje de solubilidad en agua del P_2O_5 aplicado tuvo poca importancia en la respuesta al cultivo. El período de tiempo entre la aplicación del fertilizante y su pico de absorción por el cultivo parece ser uno de los principales motivos para la equiparación de los efectos de las distintas fuentes. Las fuentes de P soluble en agua producen un rápido aumento del P disponible en el suelo pero esta situación se revierte con el tiempo cuando el P pasa a ser fijado por el suelo. Las fuentes insolubles en agua no dan ese pico inicial pero hay una disolución gradual con el tiempo. Parecería que las condiciones del experimento (pH entre 5,5 y 6,6) determinaron que hubiese una adecuación entre el tiempo de disolución de las distintas fuentes y la demanda del cultivo. Aún así las fuentes más solubles fueron más efectivas en estimular el crecimiento temprano, aunque dichas diferencias iniciales no se reflejaron en el rendimiento final. En suelos calcáreos hubiese sido menor la efectividad de las fuentes poco solubles.

Los mismos investigadores (1961) observaron que con

el mismo sistema de fertilización (voleo e incorporación en presiembra) y el mismo cultivo (maíz) pero en suelos calcáreos, el porcentaje de solubilidad en agua de los fertilizantes aplicados mostró una tendencia importante; es decir, las fuentes altamente solubles se comportaron más eficientemente. Estas tendencias fueron evidentes, a pesar del hecho de que los fertilizantes fueron aplicados con anterioridad a la siembra y de que el maíz es un cultivo de ciclo relativamente largo, o sea que hubo oportunidad para una considerable reacción fertilizante-suelo.

En cambio, como ya se comentó en lo referente a localización, Webb y Pesek (1958) vieron que con fertilización en bandas resultaron más efectivas las fuentes de alta solubilidad independientemente del pH del suelo.

Numerosos trabajos (Barnes y Kamprath, 1975; Mattingly y Widdowson, 1959; Joos y Black, 1950; Nelson, 1965; Rogers, Pearson y Ensminger, 1953), concuerdan en que la eficiencia relativa de las fosforitas, en relación a la de los fosfatos solubles, aumenta al disminuir el pH y en que éstas son útiles como fuentes de P sólo sobre suelos ácidos.

A pesar de esto, se ha encontrado en suelo de similar pH eficiencias relativas muy diferentes de un mismo material.

En nuestro país es usual, cuando se compara la eficiencia de las distintas fuentes separar los suelos en calcáreos y no calcáreos, ya que se considera que la escasa solubilidad de las fosforitas no se debe exclusiva

mente a valores de pH altos sino más que nada a la gran cantidad de calcio que interfiere en su disolución (C.I. A.A.B., Boletín no.5, 1971).

En una rotación de cultivos y pasturas sobre suelos no calcáreos, las fosforitas podrían usarse para la fertilización de las praderas mixtas o leguminosas puras - (Labella, 1979). Si a través de la fertilización se eleva el tenor de P disponible del suelo, los cultivos subsiguientes podrán aprovecharlo. No debe por ello supo--nerse que sean adecuadas para la fertilización de pasturas puras de gramíneas. Tómese en cuenta las diferencias que hay entre los sistemas radiculares de las distintas especies, y que además las pasturas de gramíneas puras se siembran con especies anuales.

Benett et al. (1957), comparando dos suelos de similar pH encontraron que en el que había más calcio inter cambiabile, la respuesta a la aplicación de fosforita - era menor.

Labella y Améndola (1977), evaluando cuatro fuentes de P en cultivos de verano (maíz, sorgo y soja) sobre 3 suelos de pH ácido, pero que diferían en varias características, observaron que en la pradera arenosa, en don-de los niveles de P del suelo eran muy bajos, todas las fuentes afectaron significativamente los rendimientos. Ehubieron sin embargo grandes diferencias entre la efi-ciencia de las mismas, siendo el fosfato altamente soluble en agua la fuente más eficiente. En los ensayos sobre pradera negra vertisólica y sobre grumosol, solamente el fosfato soluble en agua (Superfosfato granulado) umentó significativamente los rendimientos.

Varias causas podrían explicar la ausencia de respuesta a los fosfatos insolubles y de baja solubilidad. Entre ellas podríamos citar una menor descomposición de los mismos debido a un mayor pH y mayores niveles de calcio. Por otra parte, los niveles relativamente altos de P en el suelo podrían ser suficientes para suministrar una adecuada cantidad de nutrientes una vez que los cultivos hubiesen desarrollado un extenso sistema radicular. Habría entonces respuesta sólo al aumento de la disponibilidad de P en los estadios iniciales de desarrollo y sólo con el Superfosfato se habría obtenido una alta disponibilidad inicial.

Chu, Moschler y Thomas (1962) trabajando con cinco suelos de Virginia (E.U.A.), observaron que las mejores respuestas a las fosforitas se obtendrían en suelos de bajo pH y bajo nivel de hierro libre. La alteración de las fosforitas fue más rápida en presencia de altos tenores de hierro libre debido a una más efectiva remoción del $H_2PO_4^-$ en solución. El P asociado al hierro es, sin embargo, menos disponible que el asociado al aluminio.

La bibliografía muestra que no siempre se dan en los suelos ácidos los procesos necesarios para alterar y hacer disponible el P de las fosforitas. Joos y Black (1950) encontraron que la incubación en húmedo durante cinco meses de la fosforita de Tennessee incorporada a bentonita aumentaba notablemente la disponibilidad de su P. Sin embargo, la incubación con suelo Carrington franco limoso durante seis meses y en similares condiciones de incubación y pH apenas afectó la disponibilidad del mismo. No se explica la razón de esta diferencia.

2.3.4 Características del cultivo

2.3.4.1 Longitud del ciclo

Los cultivos de ciclo largo o perennes son más eficientes en aprovechar las fuentes de más baja solubilidad. Los de ciclo corto son más exigentes en P disponible.

2.3.4.2 Extensión del sistema radicular

Los cultivos de sistema radicular restringido (papa, por ej.) se ven favorecidos por la aplicación de P en forma localizada y próxima a la zona de mayor desarrollo radicular, de fosfatos solubles en agua. Los cultivos de sistema radicular extenso pueden aprovechar mejor el P diseminado a través de la masa de suelo. Esto permite aplicar al voleo fosfatos de menor solubilidad (Goepfert, 1976; Nelson, 1965; Rogers, Pearson y Ensminger, 1953).

2.3.4.3 Capacidad del sistema radicular para aprovechar el fósforo ligado al calcio

Teóricamente, cualquier material que absorba el calcio con gran energía bajará su actividad en cualquier sistema en que intervenga una fosforita disolviéndola. Las raíces que poseen una alta energía de absorción para el calcio, alta capacidad de intercambio catiónico y alta disociación ácida, es de esperar obtengan más P de las fosforitas que aquellos con valores bajos en estas propiedades. Esto ha sido corroborado por numerosos experimentos. Las dicotiledóneas, que poseen

un sistema radicular con alta capacidad de intercambio de cationes, tales como Trébol rojo, Trébol blanco, Crotonaria, Alfalfa, etc. tienen una capacidad de usar el P de las fosforitas mayor que los cereales y los pastos con raíces de baja capacidad. Las gramíneas asociadas a leguminosas hacen un mejor aprovechamiento del P de las fosforitas que los cultivos puros. Esto se debe a la solubilización provocada por el sistema radicular de las leguminosas (Labella, 1979).

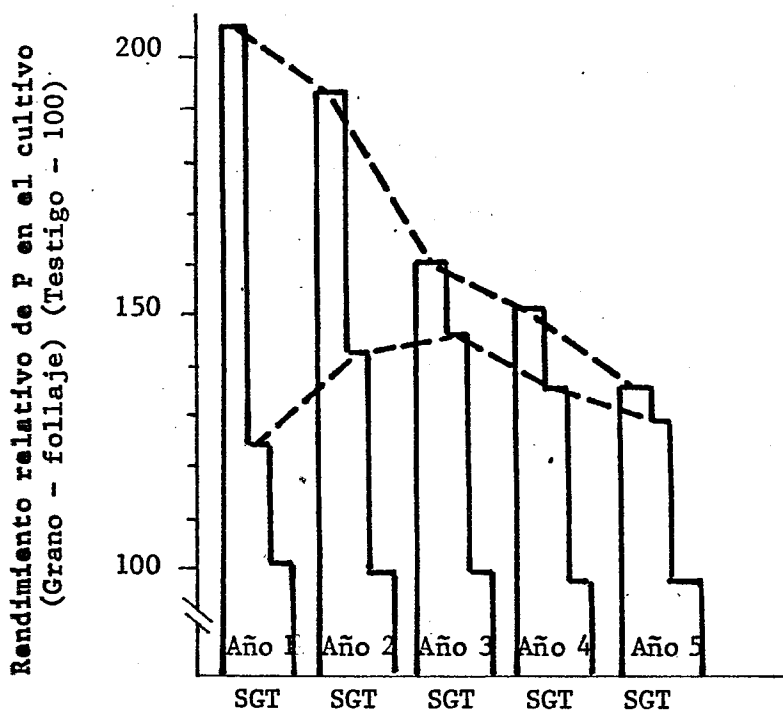
2.3.5 Tiempo de reacción y efecto residual

Cuando se incorpora al suelo un fertilizante soluble al agua, la disponibilidad de P es máxima en el momento de la aplicación y ésta disminuye a través del tiempo, en la medida que avanzan los procesos de fijación.

Con las fosforitas ocurre exactamente el fenómeno inverso. Por tratarse de materiales insolubles en agua, la disponibilidad del P aplicado es mínimo o nulo en el momento de su aplicación. Esto aumentará a través del tiempo en la medida en que los apatitos, al ser atacados y descompuestos por los agentes del suelo, vayan liberando P del soluble. Esta disponibilidad irá aumentando - hasta llegar a un máximo a partir del cual comenzará a disminuir. Esto se debe a la sobreposición de dos procesos: la alteración de la fosforita y la fijación del P liberado.

Mattingly y Widdowson (1963) realizaron en la Estación Experimental de Rothamsted, Inglaterra, y sobre un suelo ácido, un experimento cuyos datos permiten ilus--

trar sobre este aspecto. En dicho experimento se realizó una única aplicación de P equivalente a 336 kg/ha de P_2O_5 total. En la mitad de las parcelas el P se aplicó como Superfosfato y en el resto como Fosforita de Gafsa, se dejó también un testigo sin fertilizar. Estas parcelas fueron sembradas sin posteriores agregados de P durante 4 ó 5 años consecutivos con cebada y raigrás. En las siguientes figuras se resumen los resultados obtenidos con cebada.



Gráfica 1 - Rendimiento relativo de P de la cebada luego de una única aplicación de P equivalente a 336 kg/ha de P_2O_5 .

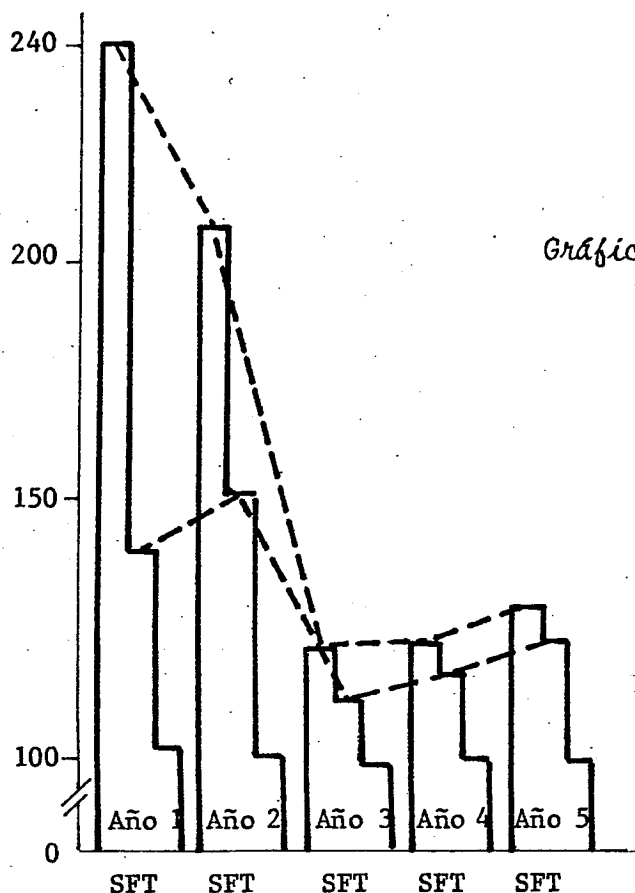
S = P aplicado como Superfosfato

G = P aplicado como Fosforita de Gafsa

T = Testigo sin P.

El año 1 es el año de la aplicación de los fosfatos.

Preparado a partir de datos de Mattingly y Widdowson (1963) por Labella (1979).



Gráfica 2 - Rendimiento relativo en grano de la cebada luego de una única aplicación de P equivalente a 336 kg/ha de P_2O_5 .

S = aplicado como Superfosfato
 G = aplicado como Fosforita de Gafsa
 T = Testigo sin P.

El año 1 es el año de la aplicación de los fosfatos.

(Preparado a partir de datos de Mattingly y Widdowson, 1963, por Labella, 1979).

La figura 1 se refiere a P total absorbido por el cultivo (grano + paja), la figura 2 al rendimiento en grano. En ambos casos se usaron rendimientos relativos (el testigo sin P es valor 100) para eliminar el efecto que los distintos años tuvieron sobre el valor absoluto. La absorción de P es la mejor medida de su disponibilidad en el suelo. Cuando se aplicó Superfosfato la disponibilidad de P fue máxima en el año de su aplicación (año 1), disminuyendo en cada año sucesivo. Con la Fosforita de Gafsa la disponibilidad fue mínima en el año de su aplicación. Esta fue aumentando con el tiempo hasta llegar al máximo en el año 3; es decir, a los dos años de la fertilización. A partir de ese momento, la disponibilidad de P también disminuye. En este experimento la dispo

nibilidad de P fue siempre mayor en los tratamientos con Superfosfatos. Posiblemente, esto se deba a la alta dosis usada, y posiblemente las curvas de disponibilidad se cruzarían si hubiesen aplicado dosis iniciales menores. Los datos de rendimiento en grano, de la figura 2 coinciden con la absorción de P. Las diferencias relativas - entre las dos fuentes, muy grandes en el primer año, se atenúan luego con el tiempo.

El ciclo de la mayor parte de los cultivos agrícolas, es del orden de los 150 a 180 días y es más corto aún en la mayoría de los cultivos hortícolas. Debe tenerse en cuenta, además, que la mayoría de los cultivos responden a una alta disponibilidad de P en la primera parte de su ciclo y no responden al nutriente, o su respuesta es pequeña, si la disponibilidad se eleva recién luego de la segunda mitad de su ciclo.

Caldwell y Ohlrogge (1966) describen tres experimentos conducidos por el T.V.A. (Tennessee Regional Valley Authority) en Iowa durante 1960 y 1961 en donde se estudió el efecto del momento en que se elevó la disponibilidad de P sobre el rendimiento del maíz. En estos experimentos se inyectaron soluciones con fosfatos a unos 7,5 cms de las plantas y a 10 cms de profundidad en distintos momentos a partir de la siembra. Los resultados de 1960 mostraron que el P inyectado en cualquier momento antes del empanojamiento fue igualmente efectivo. Las respuestas en rendimientos fueron significativamente menores cuando las aplicaciones se realizaron luego de los 40 días a partir de la siembra. Los resultados en 1961 fueron similares, excepto en que se obtuvieron respuestas medibles en rendimiento con aplicaciones tan tardías co-

mo dos meses a partir de la siembra. Luego de analizar - otras evidencias experimentales, los autores concluyen en que "aparentemente existe un período crítico en el crecimiento del maíz en el cual debe haber P disponible para que esta disponibilidad se refleje en mayores rendimientos". La importancia de una alta disponibilidad de P en las primeras etapas de crecimiento es un hecho generalmente aceptado para la mayoría de los cultivos.

Estas necesidades no pueden, evidentemente satisfacer se con fosforitas aplicadas durante la siembra o pocos meses antes de la siembra.

Estudios realizados en el país han demostrado que las fosforitas pueden ser una fuente eficiente de P sobre al gunos suelos para la fertilización de praderas.

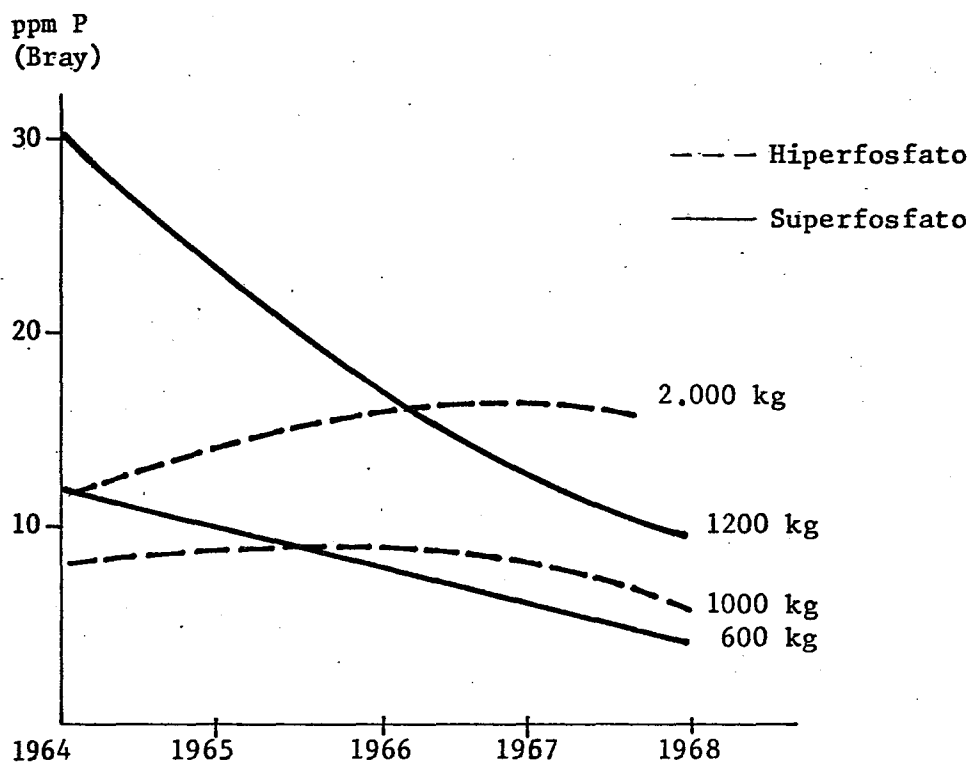


Gráfico 3 - Efectos residuales de una única dosis de P aplicada en 1963 en un suelo no calcáreo sobre Cristalino.

FUENTE: Boletín de Fertilización de Pasturas (CIAAB)

Se observa que el Superfosfato se inmoviliza continuamente y rápidamente desde su aplicación en suelos no calcáreos mientras que las fosforitas aumentan su valor de P asimilable (Bray 1) durante un período más o menos largo que depende de la cantidad aplicada y luego disminuye.

El momento en que se da la máxima disponibilidad de P de una fosforita dependerá de la velocidad de su alteración y de la disponibilidad de los productos formados al

reaccionar el H_2PO_4^- liberado con el suelo (Black, 1975).

Chu, Moschler y Thomas (1962) midieron la proporción de la fosforita aplicada que reaccionó con el suelo en períodos que oscilaron entre 4 y 10 años. Estos variaron entre 7,5 y 18 por ciento y no se correlacionaron con el tiempo transcurrido desde su aplicación.

Bajo algunas circunstancias, sin embargo, la disponibilidad del P de las fosforitas podría evolucionar más rápidamente.

Bornes y Kamprath (1975) incubando Fosforita de Carolina del Norte con el suelo Hyde (18 por ciento de materia orgánica) encontraron que la máxima disponibilidad de P se obtenía a los 60 días de iniciada la incubación a pH 4,1 y a los 90 días a pH 4,7. La reacción fue evidentemente rápida. Debe destacarse, sin embargo, que se trataba de un suelo excepcionalmente rico en materia orgánica y que la reacción de produjo bajo condiciones de humedad prácticamente constantes (próximo a capacidad de campo).

Goepfert (1976) revisó los resultados obtenidos en Río Grande del Sur (Brasil) en experimentos donde se comparó la eficiencia relativa de los superfosfatos simple y/o triple con la de diversas fosfortias para la fertilización de soja. En general, el Hiperfosfato y la Fosforita de Gafsa tuvieron una alta eficiencia. En algunos experimentos, inclusive, en el primer año fueron tan eficientes como los fosfatos solubles. El autor, concluye, sin embargo, que los fosfatos solubles fueron más eficientes en los experimentos del primer año y como fertilizante de mantención (es decir, aplicado antes de

cada cultivo). A partir del segundo año de aplicadas, las buenas fosforitas normalmente igualaron o superaron a los Superfosfatos. Los experimentos citados fueron realizados sobre suelos muy ácidos (Oxisoles y Ultiso--les), muy diferentes a los de nuestro país. El cultivo usado, la soja tiene a su vez raíces de muy alta capacidad de intercambio de cationes (Drake, 1964), por lo cual, probablemente, sea más eficiente que otros en la utilización de las fosforitas.

2.3.6. Origen de la fosforita

En Estados Unidos se realizaron, antes de 1950, muchos trabajos comparando distintas fosforitas con fuentes solubles en agua, fundamentalmente superfosfato simple o triple. Rogers, Pearson y Ensminger (1953) hicieron un resumen al respecto y prácticamente descartaron el uso de estos materiales (las fosforitas) para la fertilización directa de cultivos.

Kilmer y Webb (1968) comentan que, en general, los resultados experimentales indican que estos materiales son de un valor muy limitado, para ser utilizados en las actuales prácticas de fertilización.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que las fosforitas de diferentes depósitos varían en su efectividad. Entre las mejores se encuentran las de Túnez y Curaçao, seguidas por las de Argelia y Marruecos (Nelson, 1965). Experimentos realizados por el T.V.A. indican que entre las norteamericanas la de North Carolina es superior a las de Florida, Tennessee e Idaho (Nelson, 1965). Esto podría explicar, en parte, la baja eficiencia de estos ma

teriales, normalmente encontrada en la bibliografía proveniente de los Estados Unidos.

En nuestro país, Zamuz y Castro (1975) observaron - que para maíz, en dos tipos de suelos (Planosol zona este pH 5,2 y Pradera Arenosa sobre Arenisca de Tacuarembó pH 5,7) los valores de eficiencia relativa con respecto al Hiperfosfato figuran en el cuadro 4.

Cuadro 4 - Eficiencia relativa de cada fertilizante con respecto al Hiperfosfato (Zamuz y Castro, 1975)

FERTILIZANTE	EFICIENCIA RELATIVA
Trifós	0,63
Fosforita de Florida	0,62
Fosforita de Carolina	1,03
Superfosfato	0,69
Harina de huesos	0,98

En el cuadro 5 se presentan las eficiencias relativas para las mismas fuentes pero en otro tipo de suelo (Solonetz, zona este pH 8,5)

Cuadro 5 - Eficiencia relativa de cada fertilizante con respecto al Hiperfosfato (Zamuz y Castro, 1975)

FERTILIZANTE	EFICIENCIA RELATIVA
Trifós	0,73
Fosforita de Florida	0,03
Fosforita de Carolina	2,20
Superfosfato	5,25
Harina de huesos	2,75

Esto nos ilustra que hay diferencias apreciables entre el aporte que hacen las distintas fosforitas según su origen y que en algunos suelos, algunas fosforitas pueden brindar más P al cultivo que el Superfosfato. Tóme en cuenta que se trata de un ensayo con macetas y que no se evaluó rendimiento de cosecha sino cantidades de P absorbidas en un corte, lo cual es una limitante para sacar conclusiones definitivas.

En determinadas condiciones, puede ser útil, por tanto, la aplicación de mezclas de Superfosfato con fosforitas.

La mayor o menor eficiencia relativa de estas mezclas más que en relación con el Superfosfato va a estar dada por la eficiencia de la fosforita que compone la mezcla en esas condiciones particulares. Tóme en cuenta que cuando se granulan se ve aumentada la eficiencia de la fracción soluble pero se está haciendo perder eficiencia a la fosforita. Esto es un problema tecnológicamente difícil de resolver.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACION DE LOS ENSAYOS

Los ensayos se localizaron en dos suelos representativos de nuestra zona agrícola en los que por sus propiedades físicas y químicas era dable esperar un comportamiento diferente de los fertilizantes fosfatados.

Los sitios seleccionados y su ubicación fueron:

Sitio No.1 - Ruta 2, km 217 (Dpto.de Soriano)

Localidad Parada Rizzo (Establecimiento del Sr. J.Cabrera).

Sitio No.2 - Ruta 64, km 19 (Dpto. de Canelones)

Localidad: San Ramón (Establecimiento del Sr. A.Mallarino).

3.2 TIPO Y CARACTERIZACION DE LOS SUELOS

Sitio No.1: UNIDAD RISSO, del mapa 1:1.000.000 de la Dirección de Suelos y Fertilizantes. Vertisol rúptico lúvico. Horizonte A de 30-45 cm de espesor, color negro, textura arcillo limoso y pH que oscila entre 6,0 y 7,0. Horizonte B textural de 40-50 cm de espesor de color negro a pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillosa, pH 7,3. En su fase superficial presenta concreciones de CaCO_3 que determinan pH 8,0. El principal factor limitante para el uso de estos suelos es su textura pesada.

Sitio No.2: está localizado en la Unidad de Suelos San Ramón del mapa 1:1.000.000 de la Dirección de Suelos y Fertilizantes.

El tipo de suelos es un planosol subéutrico melánico. Con un horizonte Ap de 20 cm de espesor, de textura franco arcillo limosa, un porcentaje de materia orgánica del 4 por ciento y el pH que oscila entre 5,3 y 6,3. Luego un horizonte A₂ de textura franco limosa a franco arcillo limosa, de 10 cm de espesor, con 3 por ciento de materia orgánica y pH 6,2.

Estos suelos tienen problemas de drenaje.

3.3 ESPECIES UTILIZADAS

Los cultivos utilizados en los ensayos fueron todas especies de producción anual e incluyeron: avena, trigo y sorgo. Todos ellos son cultivos cerealeros y/o forrajeros muy extendidos y, por lo tanto, de importancia económica en la producción agrícola y lechera de las áreas.

En el Sitio No.1 (Risso) la secuencia de los cultivos fue la siguiente:

año 1979	- - - -	Avena
año 1980	- - - -	Trigo
año 1981/82	- -	Sorgo

En el Sitio No.2 (San Ramón) la secuencia de cultivos fue

año 1980	- - - -	Avena
año 1981	- - - -	Trigo

3.4 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1 Fuentes de fósforo

Se pretenden estimar los efectos de dos fertilizantes fosfatados que difieren en su solubilidad; - es decir, en la forma en que se encuentre el fósforo en ellos.

Las fuentes de P utilizadas fueron dos:

a) Superfosfato de calcio (0-21/23-0). Es el fertilizante fosfatado más comunmente utilizado. Se obtiene por tratamiento de la roca fosfórica molida con ácido sulfúrico. Además del fosfato monocálcico, soluble en agua, que es el que proporciona el nutriente, contiene sulfato de calcio (yeso) como residuo de la reacción entre la roca y el ácido. Esta última sustancia no es de gran valor en general, pero puede suministrar azufre a los cultivos por lo que resulta útil en algunos -suelos.

b) Superfós (0-18/30-0). Este fertilizante se obtiene agregando 400 kg de fosforita a 600 kg de Superfosfato y sometiendo la mezcla a un proceso de granulación físico-químico. El resultado es un fertilizante con una parte del fósforo soluble al agua, otra parte soluble en ácido cítrico al 2 por ciento y otra no soluble en ese reactivo. El cuadro 7 muestra algunas características de los fertilizantes utilizados.

Cuadro 7 - Fósforo total y fósforo soluble en algunos solventes en nuestras de Superfosfatos y Superfós. Datos en porcentaje en peso. (Labe-lla y Améndola, 1975).

Fuente de P	Fósforo Total	Fósforo soluble en agua+fósforo sol.en citrato de amonio	Fósforo soluble en Ac.cítrico 2%	Fósforo soluble en agua
SUPERFOS	29,0	11,2	17,8	11,2
SUPERFOSFATO	22,3	22,0	No deter- minado	20,0

Como se deduce del cuadro 7, el fósforo del Superfosfato es soluble al agua casi en su totalidad (90%), mientras que el fósforo del Superfós es sólo parcialmente soluble al agua (39%).

3.4.2 Diseño experimental

Los tratamientos ensayados consistieron en aplicar cada año y en la misma parcela en los años sucesivos, diferentes cantidades de P bajo forma de Superfosfato o de Superfós. Las dosis de P aplicadas variaron para cada fuente desde 10 a 80 kg P/ha/año siendo - estas cantidades aplicadas anualmente previo a la siembra en cada caso.

El cuadro 8 muestra los tratamientos aplicados.

Cuadro 8 - Tratamientos aplicados en los ensayos de Risso y San Ramón.

No. de Tratamiento	Dosis kg P/ha/año	Fuente de P
1	10	Superfosfato
2	20	"
3	40	"
4	80	"
5	10	Superfós
6	20	"
7	40	"
8	80	"
9	0	Testigo sin fertilizar

En Risso los tratamientos fueron agrupados en bloques al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 4 x 8 m.

En San Ramón los tratamientos también fueron agrupados en bloques al azar pero con tres repeticiones y el tamaño de las parcelas fue de 3 x 7 m.

La fertilización en todos los casos se hizo al voleo y con incorporación al suelo poco antes de la siembra.

3.5 MANEJO DE LOS ENSAYOS

Para estimar los efectos de la fertilización, así como de las distintas fuentes y dosis y sus posibles interacciones se tomaron muestras de suelos y de cultivos.

Con los análisis de suelos se pretendió investigar la evolución de los fosfatos aplicados y los efectos residuales de las sucesivas fertilizaciones.

Con las muestras de cultivos se evaluaron los rendimientos de MS/ha, ya sea de parte vegetativa como de grano, como de corte entero y la absorción de fósforo, etapas del cultivo en que se produjo, localización del P absorbido, etc.

Asimismo, se buscó relacionar los datos de disponibilidad de P en el suelo con el rendimiento de los cultivos y las cantidades de P absorbido.

A continuación se detallarán cronológicamente los muestreos y los trabajos de campo realizados en cada uno de los ensayos.

3.5.1 Risso

3.5.1.1. Año 1979 - Avena

Marzo: Se muestreó el suelo en cada bloque (10-12 tomas cada uno) de 0 a 25 cm de profundidad obteniéndose los siguientes contenidos de P disponible (Bray)

Bloque I		3,5	ppm
"	II	3,8	"
"	III	3,8	"
"	IV	3,8	"

Luego se aplicaron las dosis correspondientes de fertilizante a cada parcela.

Abril: Se sembró con avena variedad 1095 A a razón de 120 kg/ha de semilla. Se aplicaron 60 kg de N/ha y se tapó con excéntrica.

Agosto: Se hizo el primer corte de avena (corte de planta entera) determinándose los respectivos rendimientos en términos de kg MS de avena/ha.

Octubre: Se hizo el segundo corte de avena, en momentos en que empieza a florecer, obteniéndose rendimientos de avena en kg MS/ha.

Se muestreó el suelo a razón de 8 - 10 tomas por parcela, de 0-20 cm de profundidad.

Noviembre: Se pasó el cincel y luego la excéntrica.

Diciembre: Se sembró la mitad del ensayo con sorgo de la variedad Grazer a razón de 100 gr de semilla por parcela y la otra mitad con maíz de la variedad Cargill 103 A.

Ambos cultivos se perdieron por distintas causas.

El sorgo no nació bien debido a la gran sequía.

El maíz nació pero fue arrasado por el viento.

3.5.1.2 Año 1980 - Trigo

Marzo: Habiéndose perdido el maíz y el sorgo, se les pasó la rotativa y luego el cincel y la excéntrica.

Julio: Se muestreó el suelo a razón de 8 10 tomas por

parcela (0-20 cm). Se refertilizó con las dosis de fósforo correspondientes a cada parcela y con una dosis basal de 60 kg de N/ha.

Agosto: Se sembró trigo de la variedad Marcos Juárez a razón de 100 kg/ha de semilla.

3 de diciembre: Se hizo un muestreo a razón de 2 m² por parcela de planta entera de trigo. El cultivo estaba en comienzo de llenado del grano. Luego se trilló cada uno de los muestreos obteniéndose por un lado grano (en estado lechoso) y por otro paja de trilla, determinándose sus respectivos rendimientos en kg de MS/ha.

20 de diciembre: Se cosechó el trigo (grano maduro). Téngase en cuenta que el cultivo sufrió un severo ataque de "golpe blanco" (*Septoria tritici*) - que disminuyó mucho su rendimiento potencial. Se determinaron los rendimientos en kg MS/ha de grano maduro cosechado.

3.5.1.3 Año 1981/82 - Sorgo

Febrero: Se pasó cincel y excéntrica profunda.

5 de agosto: Se muestreó el suelo a razón de 8-10 tomas por parcela (0-20 cm de profundidad).

21 de agosto: El suelo se encuentra muy mojado aún. Se refertilizan las parcelas con sus dosis correspondientes de fósforo. Además con 60 kg/ha de nitrógeno. El fertilizante se incorpora al suelo con

la excéntrica y se deja orear para la siembra.

23 de agosto: Se sembró todo el ensayo con trigo "Marcos Juárez"

21 de octubre: Se visita el ensayo. El nacimiento del trigo fue bueno pero la gran sequía posterior ha hecho que las plantas quedaran muy chicas. Teniendo en cuenta la necesidad de obtener un buen crecimiento vegetal, se resuelva pasar la excéntrica y el cincel y preparar así entonces la tierra para un cultivo de verano.

23 de diciembre: Se siembra sorgo variedad "Relámpago" en hileras distanciadas 0,45 m y se fertiliza con urea a razón de 60 kg de N/ha.

27 de enero: El sorgo se nota algo perjudicado por la sequía. En algunas parcelas se han perdido muchas plantas por el ataque de hormigas. Se muestreó el suelo a razón de 8-9 tomas por parcela (0-20 cm).

13 de marzo: El sorgo está en finales de floración. Se notan diferencias bastante significativas entre tratamientos. En general, el cultivo está bien. Se realizó un muestreo de "última hoja totalmente extendida". Se tomaron 25-30 hojas por parcela. No se determinó rendimiento en materia seca, sino simplemente porcentaje de fósforo en hojas como estimación de la absorción de P del cultivo.

4 de mayo: Se cosecha cada parcela. Se cosechan por un lado panojas y por otro lado las partes vegetativas de las plantas.

Se cortaron panojas correspondientes a 12 m lineales de plantas en la zona central de la parcela. En la parte vegetativa, por ser ésta muy voluminosa, se muestrearon sólo 4 m lineales también de la zona central de cada parcela.

Se determinaron rendimientos de materia seca por hectárea para parte vegetativa o "chala" y para panojas.

También se estimó la producción de grano en base a la correlación entre peso de grano y peso de panojas. - Dicha correlación fue hallada de la siguiente manera: - de cada parcela se tomaron dos panojas, una de las más chicas y otra de las más grandes, se pesaron cada una de ellas (80 en total), luego se trillaron en forma manual y se pesaron los granos obtenidos de cada una de ellas. De tal forma que se obtuvieron dos valores, peso total de la panoja y peso del grano. Se calculó luego la correlación existente resultando que:

$$y = 1,9 + 0,852 x$$

siendo: y = el peso de los granos (gr)

x = el peso de la panoja (gr)

El coeficiente de correlación entre estas dos variables fue de 0,996. En base a esto se estimó que el rendimiento en grano de las parcelas es equivalente al 85,2 por ciento del rendimiento en panojas.

Para obtener una submuestra homogénea de panojas (para posterior molienda y análisis) se arrancó de no menos de 40 panojas de cada parcela un trozo y el conjunto de éstos pasó a ser la submuestra. Se determinó a su vez el porcentaje de humedad de las panojas de cada parcela.

Para obtener una submuestra homogénea de la parte vegetativa, ésta fue picada en trozos de aproximadamente 2 cm de largo (en fresco) y luego se obtuvo una submuestra la cual se secó a 60°C y pasó luego a molienda.

Estos procedimientos se siguieron con cada una de las dos muestras de las parcelas.

3.5.2 San Ramón

3.5.2.1 Año 1980 - Avena

16 de marzo: Se realizaron labores de instalación del ensayo. Se muestreó el suelo a razón de 10-12 tomas por bloque y se fertilizó con las dosis correspondientes de fósforo y con 30 kg de nitrógeno por hectárea.

18 de marzo: Se realizó siembra al voleo de avena a razón de 100 kg/ha y 30 kg/ha de raigrás tapándose luego con rastra de dientes.

31 de mayo: Se realizó el primer corte de la avena - (planta entera). Se determinaron rendimientos en términos de kg de materia seca de avena por hectárea. Se refertilizó al voleo con 30 kg de nitrógeno por hectárea.

24 de octubre: Se realizó segundo corte de avena (planta entera). Se determinaron rendimientos en términos de kg MS/ha de avena.

15 de noviembre: Se realizó muestreo de suelos a razón de 10-12 tomas por parcela (0-20 cm)

3.5.2.2 Año 1981 - Trigo

Julio: Se refertiliza cada parcela con la dosis correspondiente de fósforo y con 60 kg N/ha.

Se siembra el ensayo con trigo variedad "Marcos Juárez" a razón de 100 kg/ha.

20 de agosto: Se realiza muestreo de suelo a razón de 10-12 tomas por parcela (0-20 cm)

Noviembre: Se realizó muestreo en estado de grano lechoso. Consistió en un muestreo parcial de parcelas a partir del cual se estimaron los kg de materia seca producida y los kg de P absorbidos. Se muestreó planta entera.

Diciembre: Se realizó cosecha de trigo. Se cortó una franja al centro de cada parcela de 1 metro de ancho por 5 metros de largo.

Luego cada muestra se llevó a trillar obteniéndose de cada parcela una muestra de grano y una de paja de trilla. De tal forma que se determinaron los rendimientos de materia seca para la paja y el grano y sus respectivos contenidos de fósforo.

5 de enero: Se realizó muestreo de suelo a razón de 10-12 tomas por parcela (0-20 cm).

3.6 DETERMINACIONES ANALITICAS

3.6.1 Análisis de suelos

Todas las muestras de suelo fueron secadas al aire, luego molidas y tamizadas a un diámetro de 2 mm. A cada una de las muestras se le efectuó análisis de fósforo disponible según la técnica de Bray No.1.

3.6.2 Análisis de plantas

En todos los casos de muestreo de cultivos se trató de eliminar el "efecto borde", tomando muestras de la parte central de la parcela.

Cuando la muestra obtenida fue muy voluminosa, como en el caso del sorgo, se trató de homogeneizar la muestra lo más posible a los efectos de sacar una submuestra lo más representativa para posterior molienda y análisis. En otros casos esto no fue necesario ya que toda la muestra fue molida y con este proceso ya se daba la homogeneización

Las muestras de cultivo (o submuestras) fueron secadas a estufa a 65°C.

Una vez realizado el secado y molienda, las muestras fueron guardadas para ulteriores análisis.

Dichos análisis consistieron en la determinación de su contenido porcentual de fósforo, para lo que previa-

mente se procedió a atacar la muestra con ácido sulfúrico puro para análisis y se pusieron en el digestor 45 minutos a 350°C para completar su destrucción. Posteriormente se procedió a completar la oxidación del residuo con perhidrol. El producto de la digestión se envasó en matraces de 250 ml de los cuales se tomó una alícuota de 2 ml. Con dicha alícuota posteriormente se determinó su contenido de fósforo por colorimetría.

3.7 ANALISIS ESTADISTICO

Para cada grupo de datos, independientemente de que se tratara de ppm de P en el suelo, de kg de P/ha absorbidos o de kg de MS/ha producidos, se realizaron análisis de varianza tomando como fuentes de variación en primera instancia los bloques, los tratamientos y los desvíos al azar.

En segunda instancia, la variación atribuible a los tratamientos se desglosó en cuatro fuentes de variación:

- 1) Efecto de la fertilización o contraste testigo versus fertilizado;
- 2) Efecto de la dosis, independientemente de la fuente utilizada;
- 3) Efecto de la fuente de P aplicada;
- 4) Interacción entre los efectos de la dosis y la fuente aplicada.

Este procedimiento se siguió con todos los grupos de datos y se determinaron grados de significación de las posibles fuentes de variación que incidieron en los resultados.

Además, se estimaron funciones de respuesta de cada uno de los parámetros observados en la experiencia, o sea la respuesta al agregado de P en sus dos fuentes, el Superfós y el Superfosfato. Por lo tanto, para cada muestreo o grupo de datos se estimaron dos funciones de respuesta a la dosis de P aplicada. Se utilizó el modelo cuadrático (ecuación de segundo grado).

Luego, para cada una de esas ecuaciones de respuesta se realizó un análisis de varianza para determinar con que grado de significación la variación de los datos se podría asimilar a la predicción que establece la función de respuesta correspondiente.

Entonces, para cada función se halló su correspondiente valor en la prueba F y su grado de significación estadística y también su correspondiente valor de R^2 (coeficiente de correlación).

3.8 SIMBOLOGIA UTILIZADA

En el presente trabajo se usaron los siguientes símbolos:

MS/ha = kgs de materia seca producida por hectárea (ya sea en el cultivo o en determinada parte del mismo).

P abs. = kgs de fósforo absorbidos y/o contenidos en el cultivo o en determinada parte del mismo (por hectárea).

P/ha = kgs de fósforo por hectárea aplicados como fertilizante o absorbidos por el cultivo, se-

gún el caso.

y_s = Función de respuesta al agregado de P como Superfosfato.

y_z = función de respuesta al agregado de P como Superfós.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 INFORMACION DE CULTIVOS

4.1.1 Risso

4.1.1.1 Año 1979 - Avena

En la localidad de Risso se instaló este ensayo en 1979 con un cultivo de avena. Sembrado en el mes de abril, se hizo el primer corte en el mes de agosto y el segundo en octubre.

La producción de avena (kg de MS) y el fósforo absorbido por el cultivo (kg de P) en función de los tratamientos aplicados aparecen en el cuadro 9.

Cuadro 9 - Producción de avena y P absorbido en función de los tratamientos aplicados.

TRATAMIENTOS		PRODUCCION DE MATERIA SECA Y P ABSORBIDO POR EL CULTIVO									
		1er. corte		2do. corte		TOTAL					
		Materia seca	P absorbido	Materia seca	P absorbido	Materia seca	P absorbido	Materia seca	P absorbido		
No. de Tratamiento	Fuente Utilizada	Dosis de P aplicada	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
-	-	-	10	1949	4,35	4436	5,95	6380	10,30		
1	Superfosfato	10	20	2330	5,96	4169	6,76	6500	12,72		
2	"	20	40	2380	7,36	4073	9,32	6454	16,68		
3	"	40	80	2367	9,74	4230	9,10	6597	18,84		
4	"	80	10	1970	5,02	3938	4,62	5908	9,64		
5	Superfós	10	20	1894	4,30	4050	4,69	5945	8,99		
6	"	20	40	2147	4,97	4703	7,00	6850	11,97		
7	"	40	80	2112	5,86	4256	7,27	6369	13,13		
8	"	80	0	1199	2,09	3858	3,60	5058	5,69		
9	TESTIGO	0									

Se puede observar que la producción en el primer corte fue mucho menor que en el segundo corte, siendo el primero aproximadamente un tercio y el segundo los dos tercios restantes de la producción total de materia seca. Sin embargo, la absorción de P en el segundo corte no fue mucho mayor que la del primero.

La producción de las parcelas fertilizadas osciló entre 6.000 y 6.800 kg/ha mientras que la del testigo fue de 5.000 kg/ha. La absorción de P osciló entre 10,00 y 19,00 kg/ha en las parcelas fertilizadas mientras que en el testigo fue 5,70 kg/ha.

Los análisis de varianza correspondientes aparecen en el cuadro 10.

En este y en todos los cuadros y gráficas subsiguientes la simbología es:

**	significa	$P \leq 0,01$
*	"	$0,05 \geq P \geq 0,01$
++	"	$0,10 \geq P \geq 0,05$
+	"	$0,20 \geq P \geq 0,10$
G.L.	"	grados de libertad
C.M.	"	cuadrado medio
F	"	valor de F
T vs. F	"	Testigo versus fertilizado
D x F	"	interacción dosis por fuente
M.S.	"	materia seca producida
P abs.	"	fósforo absorbido

Cuadro 10 - Análisis de varianza para cada uno de los parámetros anteriormente descritos.

FUENTE DE VARIACION	MATERIA SECA		P ABSORBIDO		MATERIA SECA		P ABSORBIDO		MATERIA SECA		P ABSORBIDO	
	1er. corte		1er. corte		2do. corte		2do. corte		TOTAL		TOTAL	
	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F
TOTAL	39											
ERROR	28	88512	1,42		306354		2,09		89087		4,43	
MODELO	11	642266	7,26**	21,33	14,9**	4,7**	18,09	8,66**	648974	7,28**	73,41	16,58**
BLOQUES	3	88693	1,00	0,93	0,6	14,3**	6,14	2,93*	88983	0,99	3,62	0,81
TRATAMIENTOS	8	849856	9,60**	29,0	20,4**	1,0	22,57	10,79**	858970	9,64**	99,58	22,49**
T vs F	1	5704780	64,45**	37,88	96,9**	2,9**	119,56	57,21**	5761011	64,67**	514,23	116,14**
DOSIS	3	158404	1,79 [†]	15,31	10,7**	0,3	13,99	6,69**	160899	1,80 [†]	58,19	13,14**
FUENTES	1	401408	4,53*	26,48	18,6**	0,0	14,86	7,11*	407955	4,57*	81,03	18,30**
D x F	3	72482	0,81	7,19	5,0**	1,4	1,39	0,66	73367	0,82	8,94	2,01 [†]

A través de los análisis de varianza se observa que:

- a) En la producción de avena (materia seca total) hay un efecto altamente significativo de los tratamientos y dentro de la variación atribuible a estos resalta la alta significación del contraste "testigo versus fertilizado" siendo la significación del efecto de las fuentes algo menor y menor aún la del efecto de las dosis aplicadas. (0 vs.10 vs.20 vs.40 vs.80).
- b) En cuanto a la cantidad de fósforo absorbido (P absorbido total) también se ve un efecto muy significativo de los tratamientos, bastante más notorio que el visto en la producción de materia seca. Dentro de esa variación atribuible a los tratamientos es de resaltar el valor muy alto de la prueba F para el contraste "testigo versus fertilizado". También se evidencian valores altamente significativos (al 99%) para los efectos de las distintas dosis y fuentes aplicadas.
- c) Con respecto al primer corte hay un efecto altamente significativo de los tratamientos tanto para materia seca producida como para fósforo absorbido. Obsérvese que dentro de esa variación atribuible a los tratamientos el valor de F para el contraste "testigo versus fertilizado" es altamente significativo para ambos parámetros, mientras que los valores de F que evalúan los efectos de las dosis y de las fuentes son altamente significativos para el fósforo absorbido pero no lo son tanto para la materia seca producida. Asimismo se observa efecto muy significativo de la "interacción dosis por fuente" en el caso del fós

foro absorbido.

- d) En el segundo corte, en cambio, no se observan efectos significativos de los tratamientos en la producción de materia seca, pero sí los hay en la absorción de fósforo, notándose muy significativas las diferencias entre testigo y fertilizado y los efectos de las dosis y de las distintas fuentes

A los efectos de cuantificar las respuestas observadas a las distintas dosis y para ambas fuentes, se estimó la función de respuesta al agregado de fósforo de acuerdo al siguiente modelo:

$$y = b_0 + b_1P + b_2P^2$$

siendo "y" los kg/ha de materia seca producida o de P absorbido y "P" la dosis de fósforo aplicada en kg/ha.

Las funciones de respuesta resultantes aparecen en el cuadro 11.

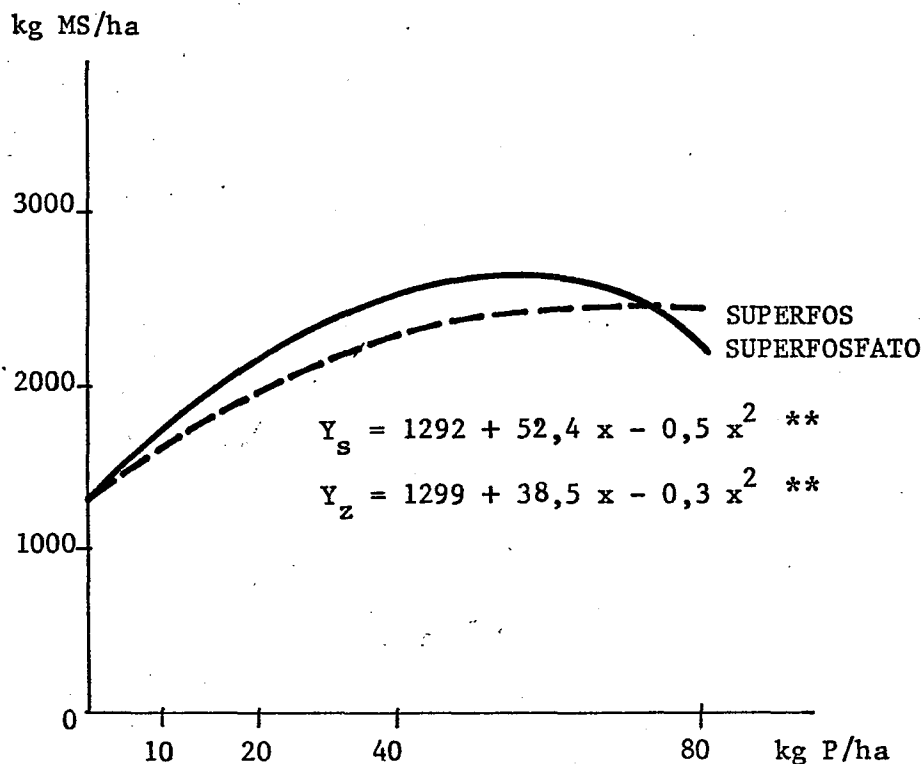
Cuadro 11 - Funciones de respuesta al bórax aplicado para cada una de las fuentes y para cada parámetro evaluado.

MODELO	MATERIA SECA			P ABSORBIDO			MATERIA SECA			P ABSORBIDO		
	1er. corte		2do. corte		2do. corte		2do. corte		TOTAL		TOTAL	
	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO
b ₀	1292	1299	1,62	1,89	3980	3783	2,80	2,38	5272	5082	4,42	4,28
b ₁	52,4	38,5	0,22	0,14	10,54	29,4	0,19	0,16	62,93	67,91	0,42	0,31
b ₂	-0,50	-0,3	-0,00	-0,00	-0,10	-0,3	-0,00	-0,01	-0,59	-0,64	-0,00	-0,00
F	33,5**	15,2**	78,9**	14,1**	0,19	1,5	20,5**	19,1**	7,3**	9,7**	55,8**	23,5**
R ²	0,76	0,59	0,88	0,57	0,02	0,13	0,66	0,64	0,70	0,48	0,84	0,69

Obsérvese que el modelo de regresión cuadrática pre sentó buen ajuste para casi todos los parámetros.

A continuación se presentan gráficamente algunas de las funciones de respuesta calculadas.

Llámesese Y_s a la función para el Superfosfato y Y_z la del Superfós. Esta identificación fue aplicada en todos los gráficos



Gráfica 4 - Producción de avena (1er. corte) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes.

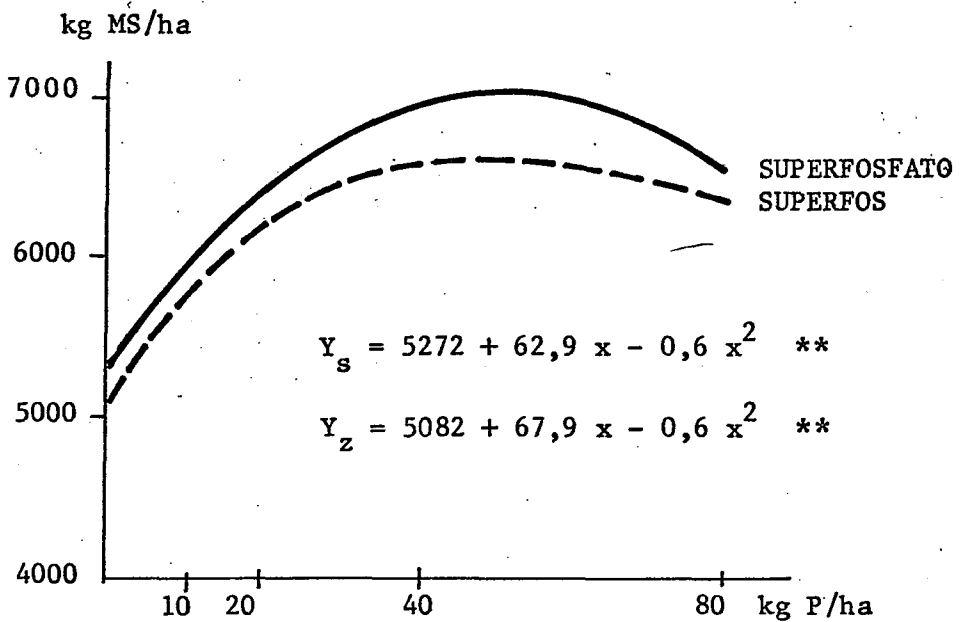


Gráfico 5 - Producción de avena (total) en función de las dosis de fertilización, para ambas fuentes.

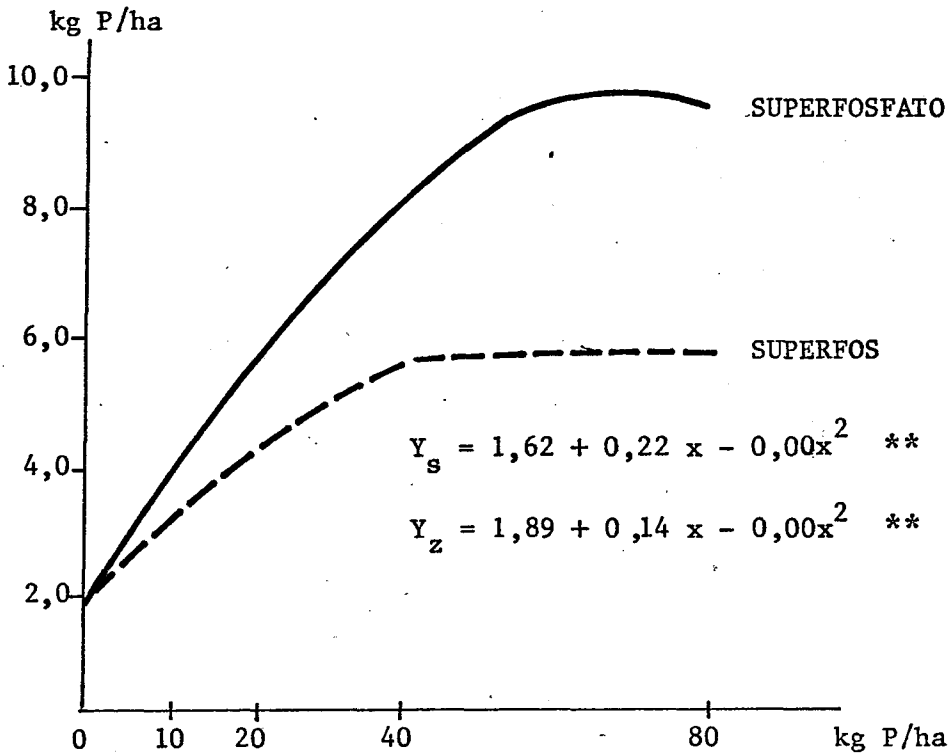
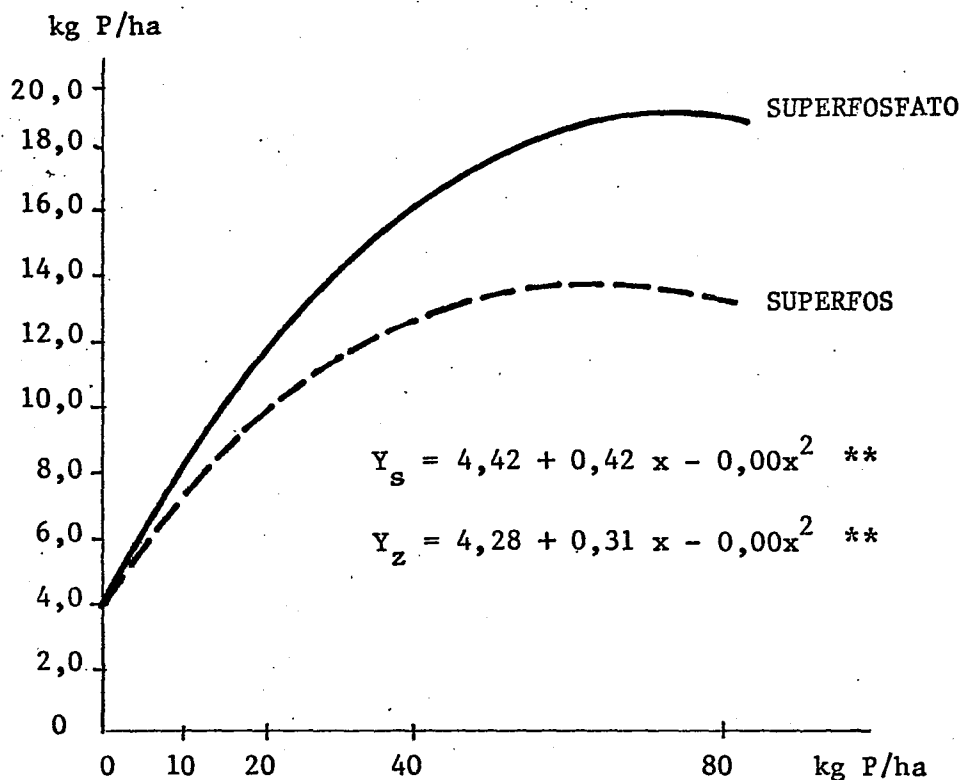


Gráfico 6 - Absorción de fósforo (1er. corte) en función de las dosis de fertilización para ambas fuentes.



Gráfica 7 - Absorción de fósforo (total) en función de las dosis de fertilización, para ambas fuentes.

Obsérvese que en los gráficos de absorción de fósforo (ya sea en primer corte como en el total), hay una no toria diferencia entre ambas fuentes, mientras que en los gráficos de producción de avena hay diferencias en el mismo sentido pero éstos son mucho menos notorios.

A los efectos de comparar la eficiencia de ambas fuen tes, se presentará un cuadro en el que figuran en las columnas los intervalos o rangos de fertilización utili zados en la experiencia y cada una de las fuentes y en las filas figurarán los parámetros con los cuales se mi de la eficiencia, ya sean kg de materia seca producida por hectárea o kg de P absorbido por hectárea. La efi-

ciencia se medirá en kg de MS producidos o kg de P absorbidos por cada kg de P aportado por hectárea.

En este y en todos los cuadros de eficiencia subsiguientes, todos los valores fueron calculados en base a las funciones de respuesta estimados con el modelo cuadrático.

Cuadro 12 - Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg de MS o kg de P absorbido por cada kg de P aportado por hectárea.

RANGOS DE FERTILIZACION Y FUENTES PARAMETROS MEDIDOS	kg P/ha							
	0 - 10		10 - 20		20 - 40		40 - 80	
	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS
MATERIA SECA	kg MS/kg P aplicado/ha							
1er. corte	55	36	37	30	22	21	-8	2,5
T O T A L	60	62	55	49	27	29	-8	-10
P ABSORBIDO	kg de P absorbido/kg de P aplicado/ha							
1er. corte	0,21	0,13	0,18	0,11	0,13	0,07	0,04	0,00
T O T A L	0,39	0,29	0,33	0,24	0,24	0,16	0,06	0,01

Se aprecia que hay diferencias importantes en la absorción de fósforo entre las dos fuentes. Estas diferencias son notorias en el primer corte, pero no lo son tanto en el segundo, lo cual está probablemente asociado a la mayor cantidad inicial de P soluble (asimilable según AOAC) derivada del Superfosfato.

En cuanto a la producción de avena (kg de MS/ha) tanto en el primer corte como en el total, las diferencias no son tan notorias. Esto evidencia que existen otros factores, además de la disponibilidad de P que están limitando el crecimiento del cultivo. Estos limitantes impedirían que se manifiesten las diferencias en los rendimientos con la misma intensidad con que lo hacen para el fósforo absorbido, o dicho de otra manera, que la medida de la absorción de P es una expresión más correlacionada con la asimilabilidad del P en las fuentes que lo es el rendimiento.

4.1.1.2 Año 1980 - Trigo

En agosto de 1980 se sembró trigo variedad "Marcos Juárez".

De este cultivo se realizaron dos muestreos. Uno de ellos en el comienzo del llenado del grano del cual se obtuvo por un lado grano y por otro paja, determinándose sus respectivos rendimientos y contenidos de fósforo. En ese momento el cultivo prometía dar muy buenos rendimientos finales por el buen desarrollo que tenía. Luego el cultivo sufrió un severo ataque de "golpe blanco".

El otro muestreo fue el del grano maduro cosechado - que tuvo bajos rendimientos por el motivo indicado. De tal forma fue la depresión de los rendimientos de grano maduro cosechado que para el cálculo del fósforo absorbido total se tuvo que tomar en cuenta el muestreo de "grano inmaduro".

La producción de trigo y el fósforo absorbido por el cultivo en función de los tratamientos aplicados apare-

ce en el cuadro 13.

Cuadro 13 - Producción de trigo y absorción de fósforo en función de los tratamientos aplicados.

No. de TRATAMIENTO	MUESTREO DE GRANO LECHOSO							MUESTREO GRANO MADURO
	FUENTE UTILIZADA	DOSIS DE P APLICADA	MATERIA SECA PARTE VEGETAT.	P ABS. PARTE VEGETATIVA	MAT. SECA GRANO INMADURO	P ABS. GRANO	P ABS. TOTAL	MATERIA SECA GR. MADURO
-	-	Kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
1	Superfosf.	10	2481	1,88	808	3,37	5,25	1092
2	"	20	2989	2,32	1032	4,60	6,92	1218
3	"	40	3106	3,01	904	4,29	7,30	1495
4	"	80	3105	3,72	1078	5,04	8,76	1459
5	Superfós	10	2362	1,34	810	2,92	4,26	1145
6	"	20	2997	1,75	1035	3,88	5,63	1129
7	"	40	2876	1,96	945	4,02	5,98	1361
8	"	80	3048	2,24	1131	4,90	7,14	1330
9	TESTIGO	0	1659	1,19	525	1,88	3,07	605

La producción de materia seca de grano maduro fue de 600 kg/ha para el testigo, mientras que para las parcelas fertilizadas osciló entre 1.100 y 1.500 kg/ha. Estos rendimientos fueron bajos por el problema antes mencionado pero permiten notar el efecto de los distintos tratamientos.

En cuanto al muestreo de grano inmaduro, se observa

que hay importantes diferencias entre testigo y fertilizado para el rendimiento en grano y también para la producción de la "parte vegetativa" que fue de 1.600 kg/ha en el testigo y de aproximadamente 2.900 en los fertilizados.

La absorción de P osciló entre 5 y 9 kg/ha para los tratamientos con Superfosfato, mientras que para los del Superfós osciló entre 4 y 7 kg/ha y para el testigo fue 3 kg/ha.

Los análisis de varianza correspondientes aparecen en el cuadro 14.

De los análisis de varianza se observa que:

- a) Para la producción del estado de "grano lechoso" tanto en la parte vegetativa como en el grano existen efectos muy significativos de los tratamientos.

Dentro de esa variación, atribuible a los tratamientos resalta por su alta significación el contraste entre testigo y fertilizado. También son muy significativas las diferencias entre dosis de fertilización.

- b) En términos de producción de grano se evidencian efectos altamente significativos de los tratamientos y dentro de estos efectos se observa que hay diferencias muy significativas entre testigo y fertilizado, algo menos significativo el efecto de las dosis y se tiende a manifestar un efecto de las fuentes.
- c) Con respecto al fósforo total absorbido, se observan efectos muy significativos de los tratamientos. Dentro de esta variación resalta el alto valor de F pa-

ra el contraste testigo versus fertilizado, y también hay una muy alta significación de los efectos de las fuentes y de las dosis.

A los efectos de cuantificar las respuestas observadas a las distintas dosis y para ambas fuentes, se estimó la función de respuesta al agregado de fósforo de acuerdo al siguiente modelo:

$$y = b_0 + b_1P + b_2P^2,$$

siendo "y" los kg/ha de materia seca producida o de P absorbido y "P" la dosis de fósforo aplicada en kg/ha.

Las funciones de respuesta resultantes aparecen en el cuadro 15

Cuadro 15 - Funciones de respuesta al fósforo aplicado para cada una de las fuentes y para cada parámetro evaluado.

MODELO	MUESTREO DE "GRANO LECHOSO"						MUESTREO DE GRANO MADURO					
	MATERIA SECA PARTE VEGETAT.		MATERIA SECA GRANO INMADURO		P ABSORBIDO PARTE VEGET.		P ABSORBIDO GRANO INMAD.		MATERIA SECA GRANO MADURO			
	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS		
b ₀	1752	1756	577	573	1,22	1,17	2,10	2,01	3,33	3,18	647	667
b ₁	62,7	55,3	17,8	18,8	0,06	0,03	0,11	0,08	0,17	0,11	34,6	30,0
b ₂	-0,6	-0,5	-0,1	-0,1	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,3	-0,3
F	** 35,33	** 33,67	** 11,72	** 23,54	** 60,45	** 23,67	** 23,13	** 46,75	** 53,99	** 61,86	** 37,31	** 32,25
R ²	0,77	0,76	0,53	0,69	0,85	0,69	0,69	0,82	0,84	0,85	0,78	0,75

Obsérvese que el modelo de regresión cuadrática tuvo buen ajuste para todos los parámetros en cuestión.

A continuación se representan gráficamente algunas de las funciones de respuesta calculadas.

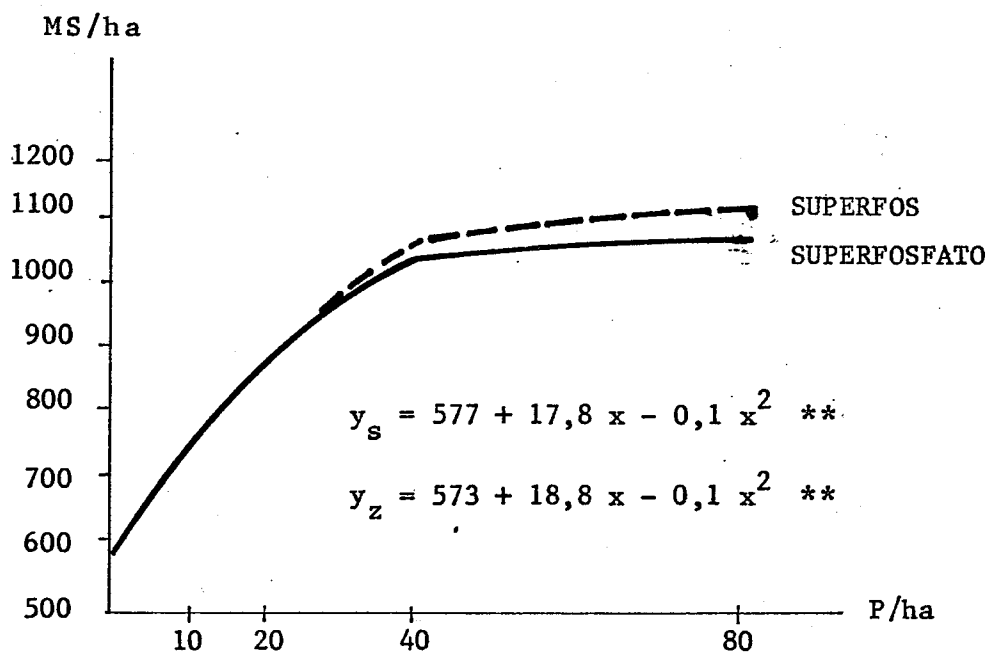


Gráfico 8 - Producción de trigo (grano) en el estadio de "grano lechoso" en función de dosis de fertilización, para ambas fuentes.

Llámesese y_s a la función para el Superfosfato y y_z la respectiva para el Superfós.

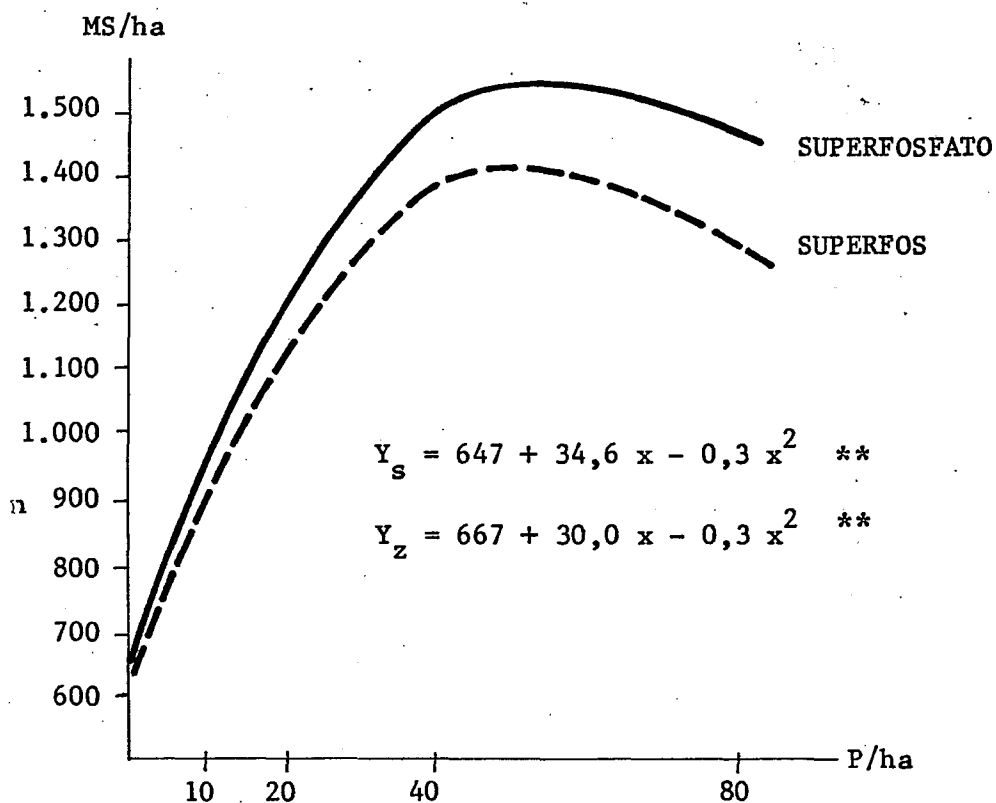


Gráfico 9 - Producción de trigo (grano maduro) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes.

Obsérvese que hasta los 40 kg P/ha hay muy buena respuesta a la fertilización, cualquiera sea la fuente de P.

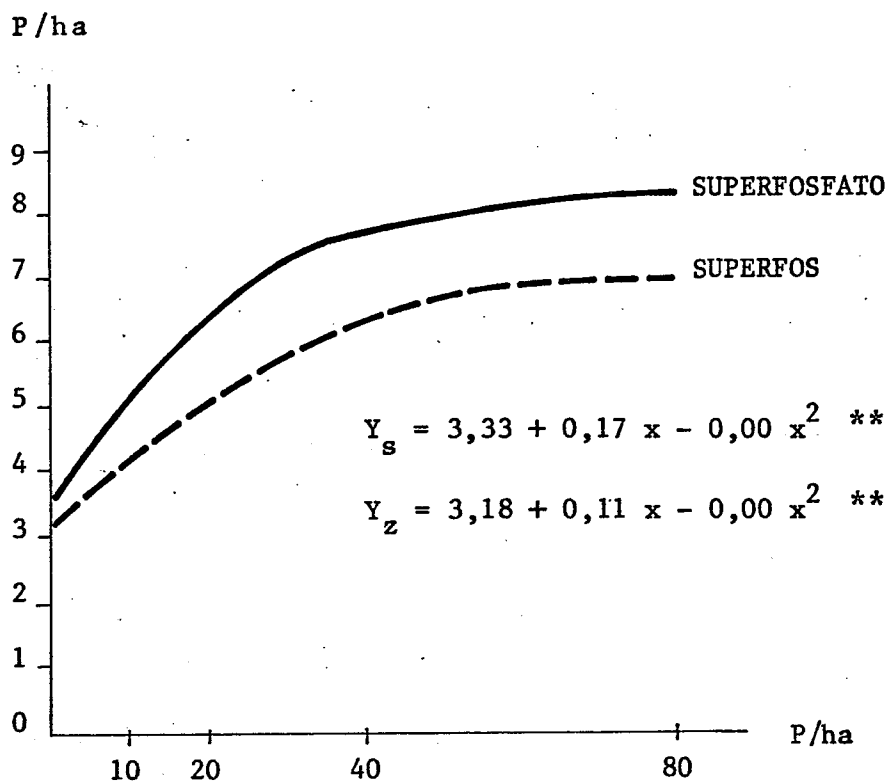


Gráfico 10 - Absorción de fósforo (total) en función de las dosis de fertilización para ambas fuentes.

Es fácil notar la diferencia en la absorción del fósforo de una y otra fuente.

A continuación se presenta un cuadro con la eficiencia de ambas fuentes de P para cada parámetro observado y en los distintos rangos de fertilización de la experiencia.

Cuadro 16 - Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg de MS o de P absorbido por kg de P aportado por hectárea.

RANGOS DE FERTILIZACIÓN Y FUENTES PARAMETROS MEDIDOS	kg P/ha							
	0 - 10		10 - 20		20 - 40		40 - 80	
	SUPER FOSF.	SUPER FOS	SUPER FOSF.	SUPER FOS	SUPER FOSF.	SUPER FOS	SUPER FOSF.	SUPER FOS
	kg MS/kg P/ha							
M.S. PARTE VEGETATIVA	57	50	45	40	28	25	-6,8	-4,4
M.S. GRANO INMADURO	16	17	13	14	9	10	0	1
P abs. TOTAL	0,16	0,10	0,13	0,09	0,09	0,06	0,01	0,02
	kg P abs./kg P/ha							
M.S. GRANO MADURO	32	28	26	22	17	14	-1	-3

Se observa que la producción del trigo es creciente hasta los 40 kg P/ha.

En el rango de 20-40 kg de P/ha, que parece ser el de más posible utilización en un cultivo comercial, la eficiencia relativa del fósforo del Superfós con respecto al fósforo del Superfosfato fue del 82 por ciento teniendo en cuenta el grano maduro y del 89 por ciento teniendo en cuenta el forraje o parte vegetativa producida.

En cambio tomando en cuenta el fósforo absorbido, la

la eficiencia fue del 67 por ciento.

Se aprecia que la menor eficiencia del P del Superfós es más notoria considerando absorción de P que considerando rendimientos de materia seca. Esta tendencia ya se había notado en el cultivo de avena.

4.1.1.3 Año 1981/82 - Sorgo

En agosto de 1981 se refertiliza el ensayo, cada parcela con su dosis correspondiente de fósforo. A continuación se siembra nuevamente trigo, pero este cultivo no alcanzó buen desarrollo y se decidió eliminarlo. En el mes de diciembre se siembra sorgo. Este cultivo de sorgo fue muy perjudicado por una gran sequía en enero, pero luego llegado el mes de marzo el cultivo se encuentra bien en términos generales. A finales de floración se realizó un muestreo de "ultima hoja totalmente extendida" a los efectos de estimar la absorción de P que realizó el cultivo. Luego en mayo se realizó la cosecha separándose por un lado la parte vegetativa o "chala" y por otro las panojas.

Los datos obtenidos en dichos muestreos aparecen en el cuadro 17.

Cuadro 17 - Producción de sorgo y absorción de fósforo en función de los tratamientos aplicados.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE UTILI- ZADA	DOSIS DE P	FLORA CION	C O S E C H A				
			FOSFORO EN HOJAS	M.S. PARTE VEGETAT.	P ABS. kg/ha	M.S. PANOJAS	P ABS. kg/ha	P ABS. TOTAL kg/ha
1	Superfosf.	10	0,212	4474	3,76	5494	10,22	13,98
2	"	20	0,252	4634	4,08	6013	16,30	20,38
3	"	40	0,282	5450	6,54	6188	20,79	27,33
4	"	80	0,421	5677	8,06	6562	22,90	30,96
5	Superfós	10	0,247	4129	3,01	4416	7,55	10,56
6	"	20	0,211	4223	2,28	5227	9,83	12,11
7	"	40	0,257	5272	3,22	6250	13,81	17,03
8	"	80	0,272	4819	3,90	6457	18,85	22,75
9	TESTIGO	0	0,179	4080	2,24	4033	6,33	8,57

Con respecto a la producción de sorgo, se observó que mientras la producción del testigo fue de 4000 kg/ha el promedio de las parcelas fertilizadas fue 5800 kg/ha.

En cuanto a la parte vegetativa del cultivo, la producción del testigo fue 4100 kg/ha mientras que en los tratamientos con fertilizantes el promedio fue 4800 kg/ha.

En la absorción del P tuvieron una marcada importan-

cia la dosis y la fuente utilizada. Para los tratamientos con Superfosfato la absorción osciló entre 14 y 31 kg/ha, para los tratamientos con Superfós estuvo entre 10,5 y 23 kg/ha, y en el testigo fue 8,6 kg/ha.

Del total del fósforo absorbido entre 18 y 26 por ciento está en la parte vegetativa y entre 74 y 82 por ciento restante en las panojas.

El porcentaje de fósforo en las hojas parece ser un buen índice de la disponibilidad del P aplicado.

Los análisis de varianza correspondientes aparecen en el cuadro 18.

Cuadro 18 - Análisis de varianza para cada una de las variables citadas.

FUENTE DE VARIACION	GL	FOSFORO EN HOJAS		M.S. PARTE VEGET.		M.S. PANOJAS		P ABS. PARTE VEGET.		P ABS. PANOJAS		P ABS. TOTAL	
		CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F
TOTAL	39												
ERROR	28	0,00		684185		214770		3,47		12,21		14,41	
MODELO	11	0,02	11,40**	1265678	1,85 ⁺⁺	3657265	17,03**	13,55	3,91**	128,82	10,55**	215,83	14,98**
bloques	3	0,00	1,82 ⁺	125844	0,18	1562839	7,28**	3,89	1,12	15,33	1,25	29,56	2,05 ⁺
TRATAM.	8	0,02	14,98**	1693116	2,47*	4442675	20,68**	17,17	4,95**	171,38	14,04**	285,68	19,82**
T vs. F	1	0,05	35,56**	3736876	5,46*	20581409	95,83**	29,83	8,60**	483,37	39,59**	753,34	52,27**
DOSIS	3	0,02	16,36**	2475854	3,62*	3789013	17,64**	14,02	4,04*	219,45	17,97**	338,85	23,51**
FUENTES	1	0,02	11,01**	1742844	2,55 ⁺	1817371	8,46**	51,66	14,90**	203,72	16,68**	460,56	31,96**
D x F	3	0,01	8,06**	212549	0,31	591594	2,75 ⁺	4,61	1,33	8,53	0,70	18,33	1,27

El efecto de los bloques tuvo muy alta significación en la producción de panojas. Esto probablemente esté asociado a diferencias en la disponibilidad de agua.

También fue altamente significativo el efecto de los tratamientos ($P < 0,01$) y dentro de ellos es de resaltar la muy alta significación del contraste testigo versus fertilizado ($P < 0,01$).

Los efectos de dosis y de fuentes también fueron muy significativos ($P < 0,01$).

Hubo una pequeña interacción entre efecto dosis y fuente. Con los rendimientos de la parte vegetativa o "chala" se manifiestan los mismos efectos señalados en la producción de panojas pero con menor grado de significación estadística.

Con respecto a la absorción total de fósforo se observan efectos muy significativos de los tratamientos. Dentro de esa variación atribuible a los tratamientos resaltan los muy altos valores de F para el contraste testigo versus fertilizado, así como también para los efectos de las fuentes y de las dosis. Son valores de muy alta significación, mucho mayor que en los otros parámetros evaluados.

Con respecto al contenido de P en hojas en el momento de floración, se observa que los porcentajes de P en la hoja están muy significativamente afectados por los tratamientos. Hay diferencias muy significativas entre testigo y fertilizado, así como entre dosis y entre fuentes. Obsérvese que también hay efecto muy significativo de la interacción entre fuentes y dosis.

A los efectos de cuantificar las respuestas observadas a las distintas dosis y para ambas fuentes, se estimó la función de respuesta al agregado de P de acuerdo al siguiente modelo:

$$y = b_0 + b_1P + b_2P^2$$

siendo "y" los kg/ha de materia seca producida o de fósforo absorbido y "P" la dosis de fósforo aplicada en kg/ha.

Las funciones de respuesta resultantes aparecen en el cuadro 19.

Cuadro 19 - Funciones de respuesta al fósforo aplicado para cada una de las fuentes y para cada parámetro evaluado.

MODELO	FOSFORO EN HOJAS		MATERIA SECA PARTE VEGETAT.		MATERIA SECA PANOJAS		P ABS. PARTE VEGETAT.		P ABS. PANOJAS		P ABS. TOTAL	
	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS
b ₀	0,182	0,187	4055	3958	4231	3946	2,20	2,29	6,20	6,13	8,40	8,43
b ₁	0,0026	0,025	42,49	37,26	0,90	76,89	0,138	0,021	0,539	0,204	0,677	0,225
b ₂	-0,0000	-0,0000	-0,26	-0,32	-0,77	-0,56	-0,001	-0,000	-0,004	-0,000	-0,005	-0,001
F	110,24**	5,75**	12,27**	2,80 ⁺⁺	25,11**	46,20**	13,15**	2,81 ⁺⁺	71,63**	20,77**	65,31**	30,35**
R ²	0,94	0,43	0,54	0,21	0,70	0,81	0,56	0,21	0,87	0,66	0,86	0,74

Obsérvese que el modelo de regresión cuadrática tuvo buen ajuste para casi todos los parámetros.

A continuación se representan gráficamente algunas de las funciones de respuesta calculadas.

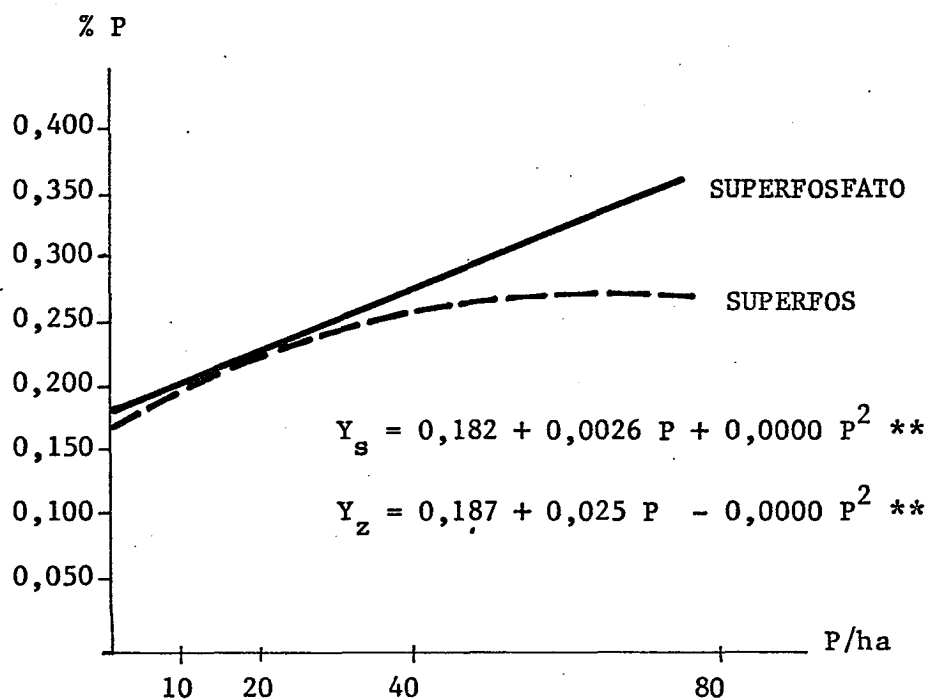


Gráfico 11 - Porcentajes de fósforo en las hojas del sorgo en función de las dosis de fertilización, para ambas fuentes.

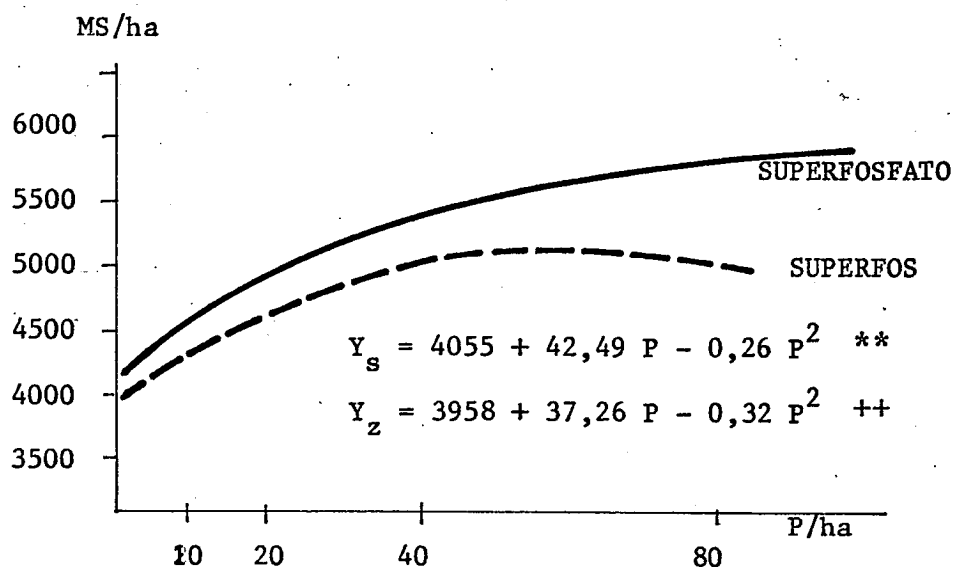


Gráfico 12 - Producción de sorgo (parte vegetativa), en función de dosis de fertilización, para am bas fuentes.

Obsérvese que la ecuación para el caso del Superfós no tiene muy buen ajuste. (F 2,80⁺⁺ y R²0,21).

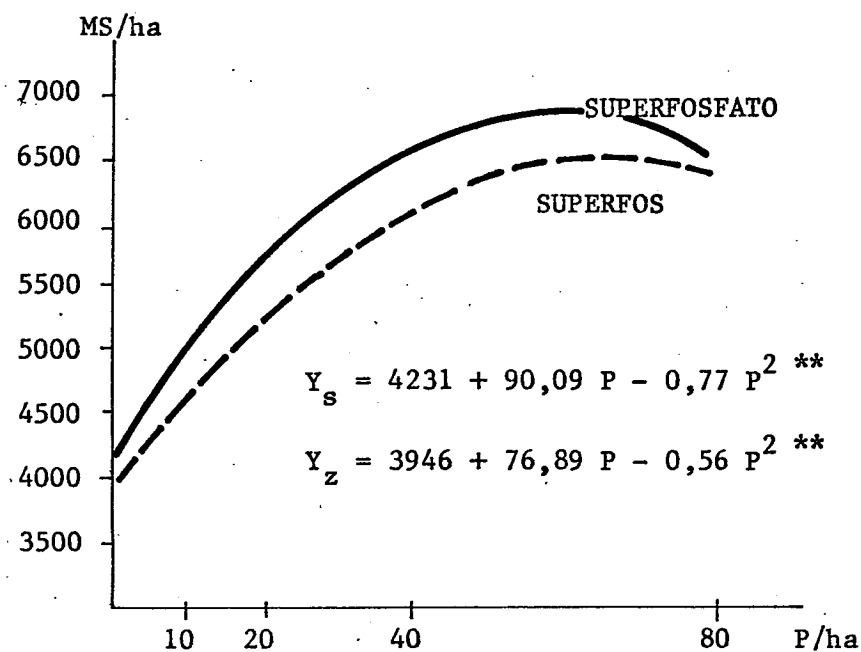


Gráfico 13 - Producción de sorgo (panojas) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes.

Obsérvese la muy buena respuesta del sorgo a la fertilización hasta la dosis de 40 kg de P/ha aproximadamente. Hay clara diferencia entre las respuestas a ambas fuentes aunque cuantitativamente no es muy grande.

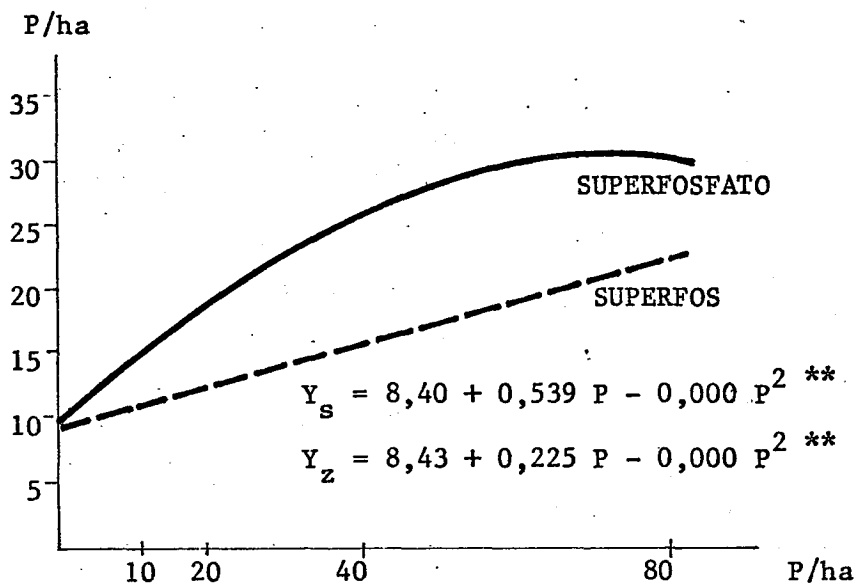


Gráfico 14 - Absorción de fósforo (total) en función de dosis de fertilización, para ambas fuentes.

Obsérvese que la absorción de fósforo por el cultivo es siempre creciente hasta altas dosis de fertilización. Además, la diferencia entre ambas fuentes es mucho más notoria que la diferencia manifestada en los rendimientos de materia seca.

A continuación se presenta un cuadro con la eficiencia de ambas fuentes de P para cada parámetro observado y en los distintos rangos de fertilización de la experiencia.

Cuadro 20 - Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg de MS producido o kg de P absorbido por kg de P aportado por hectárea.

RANGOS DE FERTILIZACION PARAMETROS MEDIDOS	kg P/ha							
	0 - 10		10 - 20		20 - 40		40 - 80	
	SUPER FOSF.	SUPER FOS	SUPER FOSF.	SUPER FOS	SUPER FOSF.	SUPER FOS	SUPER FOSF.	SUPER FOS
	kg MS/kg P/ha							
M.S. PARTE VEGETATIVA	40	34	33	28	28	18	11	-1
M.S. PANOJAS	82	71	67	60	44	43	-3	9
	kg P abs./kg P/ha							
P ABSORBIDO TOTAL	0,63	0,22	0,53	0,21	0,38	0,19	0,09	0,16

Se observa que en el rango de 20-40 kg P/ha el Superfosfato es 2 veces más eficiente que el Superfós, si consideramos el fósforo absorbido, o sea la capacidad de brindar P al cultivo. Pero considerando la producción de panojas cada kg de P aportado como Superfosfato produce apenas 1 kg más de panojas que 1 kg de P del Superfós.

El rango de fertilización más aplicable en un cultivo a escala comercial sería de 20-40 kg de P/ha ya que por encima de 40 kg P/ha no se obtienen aumentos de rendimientos y hasta ese nivel la respuesta es muy buena.

Nuevamente se observa que la disponibilidad de P no

es el primer limitante del rendimiento ya que cantidades muy distintas de P absorbido equivalen a rendimientos similares de materia seca.

4.1.2 San Ramón

4.1.2.1 Año 1980 - Avena

En el año 1980 se instaló el ensayo y se realizó un cultivo de avena que fue sembrada en el mes de marzo. Se realizaron dos cortes, el primero a fines de mayo y el segundo a fines de octubre.

A continuación se presentan los datos de producción de materia seca y absorción de fósforo en cada uno de los cortes y los totales.

Cuadro 21 - Producción de avena y absorción de fósforo en función de los tratamientos aplicados.

No. de TRATAMIENTO	FUENTE DE P UTILIZADA	DOSIS APLICADA	1er. CORTE		2do. CORTE		TOTAL	
			MATERIA SECA	P ABSORB.	MATERIA SECA	P ABS.	MATERIA SECA	P ABS.
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
1	Superfosf.	10	1790	4,24	5317	15,37	7051	19,61
2	"	20	2053	4,82	6156	15,57	8210	20,39
3	"	40	1966	5,15	5701	16,25	7667	21,14
4	"	80	2012	5,29	5960	17,28	7972	22,57
5	Superfós	10	1954	4,71	6162	14,85	8116	19,56
6	"	20	1881	3,63	5106	13,54	6987	17,17
7	"	40	1912	5,35	6321	16,56	8233	21,91
8	"	80	2007	4,62	5911	15,96	7918	20,58
9	TESTIGO	0	1620	3,63	4940	10,60	6560	14,40

En primera instancia se observa que el rendimiento del primer corte fue mucho menor que el segundo, siendo el primero aproximadamente 1/4 de la producción total. El cultivo había tenido muy poco desarrollo hasta ese momento.

La producción de materia seca (total) oscila para las parcelas fertilizadas entre 7000 y 8200 kg/ha siendo su promedio 7800 kg/ha mientras que la producción del testigo fue 6600 kg/ha.

En cuanto a la absorción de fósforo total en las

parcelas fertilizadas promedió los 20,50 kg/ha, mientras que en el testigo fue de 14,50 kg/ha.

Los análisis de varianza correspondientes aparecen en el cuadro 22.

En el primer corte se aprecia una diferencia muy significativa entre testigo y fertilizado tratándose de producción de materia seca aunque no lo es en cuanto al fósforo absorbido.

Con respecto a la absorción se nota una tendencia al efecto de las dosis y una gran significación del efecto de interacción entre dosis y fuentes.

En el segundo corte se observa un efecto algo significativo de los bloques tanto en la producción de materia seca como en la absorción de fósforo.

Nótese el efecto levemente significativo de los tratamientos en la producción y de significación algo mayor en la absorción.

Dentro de la variación atribuible a los tratamientos, se observa la importancia de las diferencias entre testigo y fertilizado para ambos parámetros, aunque algo mayor para la absorción de fósforo. También se aprecian algunos efectos de menor significación en ambos casos.

Con respecto a la producción de materia seca total, - obsérvese un efecto algo significativo de los bloques y un efecto más notorio de los tratamientos, dentro del cual resalta por su altísimo valor de F el contraste entre testigo y fertilizado y de menor entidad el efecto de interacción dosis-fuente.

Cuadro 22 - Análisis de varianza para cada una de las variables citadas.

FUENTE DE VARIACION	GL	PRIMER CORTE				SEGUNDO CORTE				TOTAL						
		MATERIA SECA		FOSF. ABSORBIDO		MATERIA SECA		FOSF. ABSORBIDO		MATERIA SECA		FOSF. ABSORBIDO				
		CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM	F			
TOTAL	29															
ERROR	19	34200		1,61		484696		14,19		474522		17,1				
MODELO	10	69873	2,04 ⁺⁺	4,24	2,62*	999047	2,06 ⁺⁺	37,81	2,67*	1365815	2,88*	54,85	3,19*			
BLOQUES	2	29766	0,87	1,65	1,02	1170190	2,41 ⁺	28,60	2,02 ⁺	828211	1,74 ⁺	43,43	2,53 ⁺			
TRATAM.	8	79900	2,34 ⁺⁺	4,89	3,02*	956262	1,97 ⁺	40,12	2,82*	1500216	3,16*	57,70	3,36*			
T vs. F	1	472884	13,83**	1,11	0,69	3792474	7,82*	184,16	12,98**	6943716	14,63**	213,92	12,46*			
DOSIS	3	25791	0,75	2,84	1,76 ⁺	183521	0,38	25,89	1,82 ⁺	202349	0,42	36,92	2,15 ⁺			
FUENTES	1	532	0,02	0,34	0,21	50325	0,10	22,89	1,61	61206	0,13	17,65	1,03			
D x F	3	29470	0,86	9,70	6,01**	1085578	2,24 ⁺	12,07	0,85	1463253	3,08*	39,75	2,31 ⁺			

En la absorción total de fósforo también hay un efecto algo significativo de los bloques. Dentro de la variación atribuible a tratamientos que es significativa al 95 por ciento, obsérvese el alto valor de F para el contraste testigo versus fertilizado, y también tendencias al efecto de dosis y de interacción entre dosis y fuente.

A los efectos de cuantificar las respuestas observadas a las distintas dosis y para ambas fuentes, se estimó la función de respuesta al agregado de P de acuerdo al siguiente modelo:

$$y = b_0 + b_1P + b_2P^2$$

siendo "y" los kg/ha de materia seca producida o de P absorbido, y "P" la dosis de fósforo aplicada en kg/ha.

Las funciones de respuesta resultantes aparecen en el cuadro 23.

Cuadro 23 - Funciones de respuesta al P aplicado para cada una de las fuentes y para cada parámetro evaluado.

MODELO	PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE			TOTAL					
	MATERIA SECA		P ABSORBIDO	MATERIA SECA		P ABSORBIDO	MATERIA SECA		P ABSORBIDO			
	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOSFATO	SUPER FOSFATO	SUPER FOS			
b ₀	1658	1677	4,15	3,61	5012	5052	9,81	9,29	6670	6729	13,96	12,91
b ₁	13,03	11,79	-0,062	0,027	40,22	43,61	0,304	0,207	53,25	55,40	0,243	0,235
b ₂	-0,11	-0,10	0,001	-0,000	-0,36	-0,41	-0,003	-0,001	-0,47	-0,51	-0,002	-0,002
F	5,25*	3,64 ⁺⁺	1,41	0,89	3,86	2,13 ⁺	6,65**	2,47 ⁺	6,21*	3,73*	5,21*	2,35 ⁺
R ²	0,41	0,33	0,16	0,11	0,51	0,28	0,47	0,25	0,45	0,33	0,41	0,24

Nótese que para algunos de los parámetros evaluados el ajuste del modelo matemático no fue bueno y para otros fue de mediana significación.

A continuación se representan gráficamente algunas de las funciones de respuesta calculadas (las que presentan un ajuste medianamente bueno).

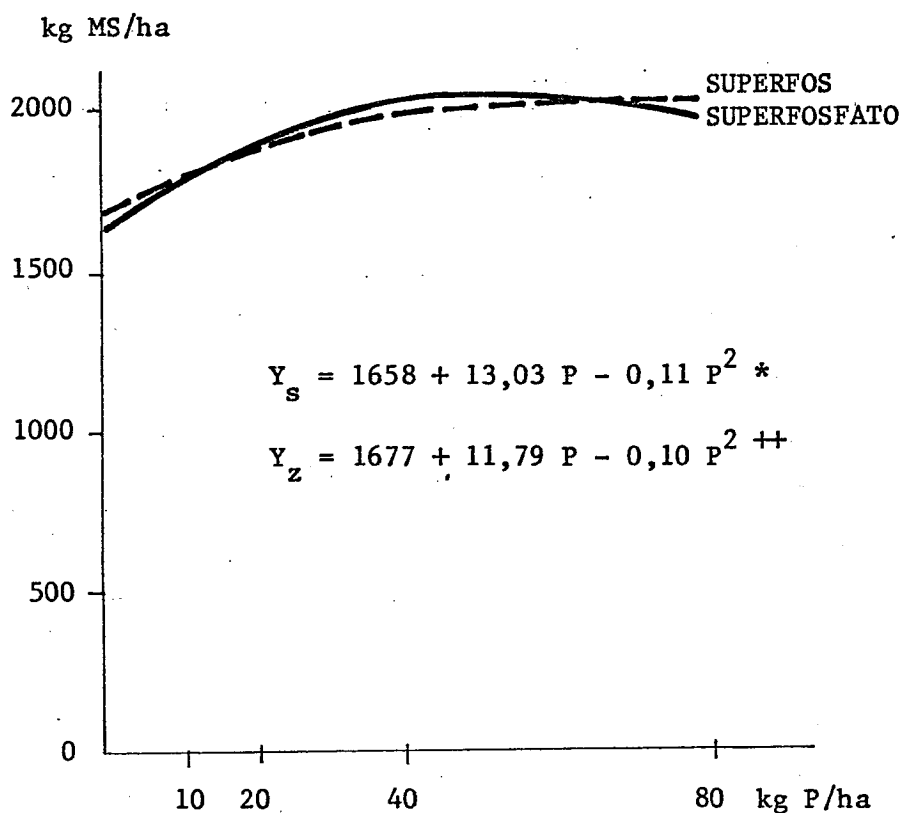


Gráfico 15 - Producción de avena (primer corte) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes.

Nótese el efecto de la fertilización, que determina producción creciente hasta aproximadamente los 40 kg P/ha.

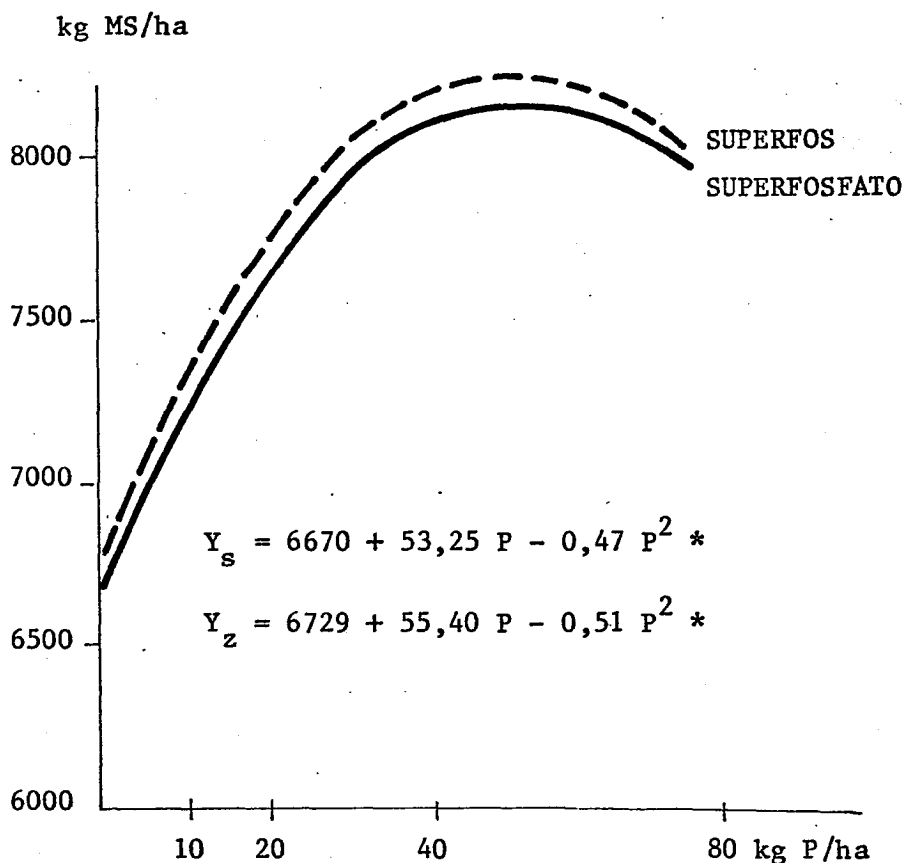


Gráfico 16 - Producción de avena (total) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes.

Según los análisis de varianza hay diferencias muy significativas entre testigo y fertilizado pero no entre dosis. El ajuste de estas dos ecuaciones no es del todo satisfactorio (valor de F significativo al 95 por ciento).

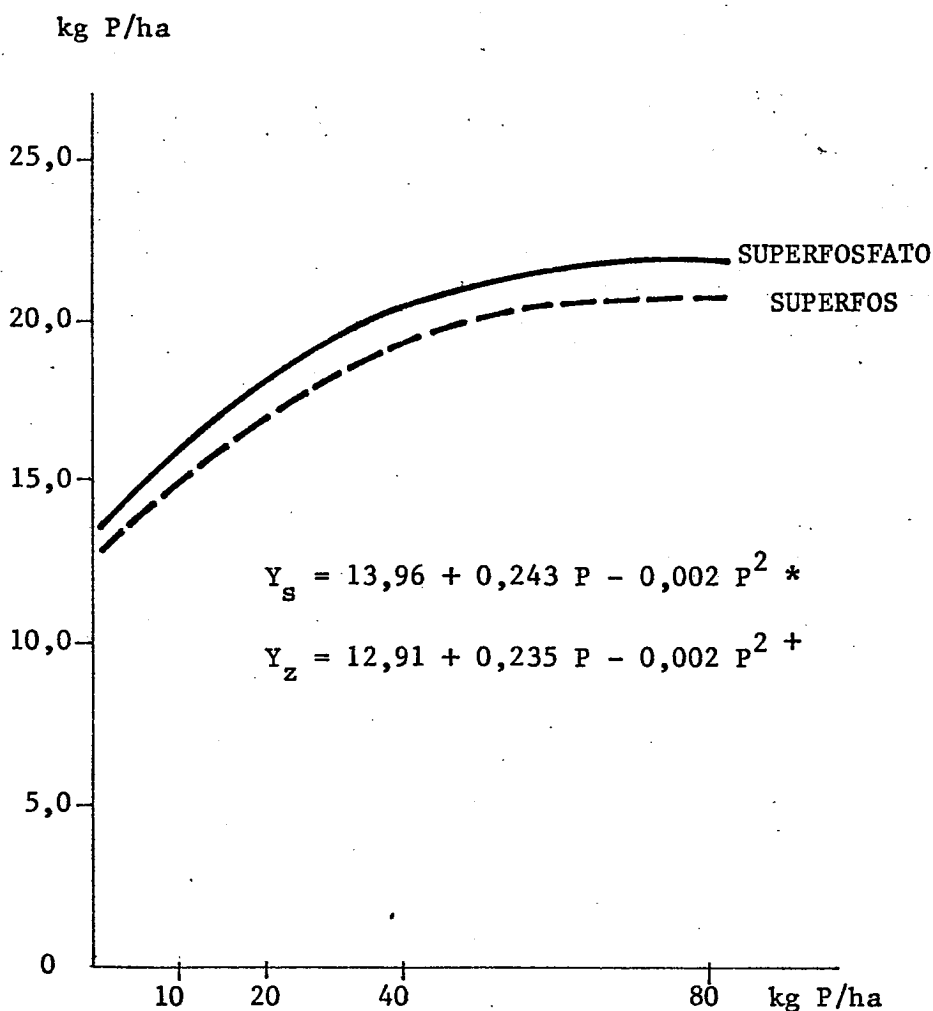


Gráfico 17 - Absorción de fósforo (total) en función de -
dosis de fertilización para ambas fuentes.

Hay efecto muy significativo de la fertilización y - una tendencia al efecto de las dosis y a la interacción entre dosis y fuente.

A continuación se presenta en el cuadro 24 la eficiencia de ambas fuentes de P para cada parámetro observado y en los distintos rangos de fertilización de la experiencia.

Cuadro 24 - Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg de MS producida o kg de P absorbido por kg de P aportado por hectárea.

	kg P/ha							
	0 - 10		10 - 20		20 - 40		40 - 80	
	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS
MATERIA SECA	kg MS/kg P/ha							
PRIMER CORTE	12	11	10	9	6	6	0	0
MATERIA SECA	kg MS/kg P/ha							
TOTAL	49	50	39	40	25	25	-4	-5
P ABSORBIDO	kg P abs./kg P/ha							
SEGUNDO CORTE	0,28	0,19	0,22	0,16	0,14	0,12	-0,02	0,02
P ABSORBIDO	kg P abs./kg P/ha							
TOTAL	0,23	0,22	0,19	0,18	0,14	0,14	0,03	0,04

Nótese que fueron tenidos en cuenta sólo aquellos parámetros cuyos valores observados presentan buen ajuste con la evaluación de respuesta hallada.

Se observa que hay buena respuesta a la fertilización hasta algo más de 20 kg P/ha, tendiendo a dosis mayores a hacerse asintóticas las curvas de respuesta.

Las dos fuentes producen efectos similares en lo que se refiere a producción de materia seca.

En el segundo corte hay una mayor absorción de P en

los tratamientos con Superfosfato, pero en el total de P absorbido estas diferencias no se manifiestan.

4.1.2.2 Año 1981 - Trigo

En julio de 1981 se refertilizaron las parcelas con sus respectivos tratamientos y se sembró trigo. El cultivo presentó un desarrollo normal. De él se obtuvieron dos muestreos, uno de ellos fue en el estado de "grano lechoso" que consistió en un muestreo parcial de parcelas del cual se estimó la materia seca producida y el fósforo absorbido. El otro muestreo fue en la cosecha del cual se obtuvieron por un lado muestras de grano y por otro paja de trilla.

A continuación se presentan los datos obtenidos de producción de materia seca y de absorción de fósforo.

Cuadro 25 - Producción de trigo y absorción de fósforo en función de los tratamientos aplicados.

No. de TRATAMIENTO	FUENTE UTILIZADA DOSIS		GRANO LECHOSO		C O S E C H A				
			M.S. PLANTA ENTERA	P ABS.	M.S. PARTE VEGET.	P ABS. PARTE VEGET.	M.S. GRANO	P ABS. GRANO	P ABS. TOTAL
-	-	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
1	Superfosf.	10	3483	8,67	3833	1,49	1864	6,75	8,24
2	"	20	3750	9,04	4160	1,91	2238	8,57	10,48
3	"	40	3617	9,87	4010	2,09	2061	8,33	10,42
4	"	80	4017	11,53	4248	2,42	2082	9,16	11,58
5	Superfós	10	3117	8,16	3601	1,80	1803	6,74	8,54
6	"	20	3183	7,45	3826	1,91	1837	7,26	9,17
7	"	40	4517	10,75	4275	2,05	2129	8,41	10,46
8	"	80	4117	9,43	4044	2,22	1993	7,87	10,11
9	TESTIGO	0	2883	7,21	3121	1,50	1602	5,80	7,30

El promedio de la materia seca producida hasta el estado de grano lechoso fue de 3700 kg/ha para las parcelas fertilizadas mientras que para el testigo fue 2900 kg/ha, y el fósforo contenido en ese muestreo resultó ser promedialmente 9,4 kg/ha para las parcelas fertilizadas y 7,2 kg/ha para el testigo.

Con respecto a la cosecha, se aprecia que mientras el rendimiento en grano para las parcelas fertilizadas con Superfosfato fue de 2050 kg/ha, y en las parcelas con Superfós fue 1950 kg/ha, el rendimiento del testigo fue 1600 kg/ha. Es decir, que hay una cierta diferencia entre las fuentes y una ya más apreciable diferencia entre las parcelas testigo y las fertilizadas.

En cuanto a la absorción de fósforo, obsérvese que para las parcelas con Superfosfato fue de 10,2 kg/ha y en las de Superfós 9,6 kg/ha, en tanto que para las parcelas testigo estuvo en los 7,3 kg/ha.

Estas cifras se refieren al total de fósforo absorbido encontrándose aproximadamente un 80 por ciento del mismo localizado en el grano y el 20 por ciento restante en la paja.

Los análisis de varianza correspondientes aparecen en el cuadro 26.

En el muestreo de "grano lechoso" hubo un efecto muy significativo de los bloques, tanto en la absorción de P como en la producción de materia seca ($P < 0,01$ y $P < 0,05$ respectivamente).

También fue muy significativo ($P < 0,01$) el efecto de los tratamientos. Dentro de los efectos de los tratamientos es destacable el altísimo valor de F para el contraste entre testigo y fertilizado y un efecto significativo de las dosis ($P < 0,05$) tanto para la producción de M.S. como para la absorción de P.

En el muestreo de cosecha se observa, que en la producción de grano son muy significativos ($P < 0,01$) los efectos de los bloques y de los tratamientos, así como las diferencias entre testigo y fertilizado. Las diferencias entre bloques podrían estar asociadas a zonas de suelos más erosionadas, especialmente en el bloque III.

Los efectos de dosis y de fuentes tienen una significación algo menor ($P < 0,05$).

Con respecto a la absorción total de fósforo, cuyo principal componente es el P contenido en el grano, se observa la alta significación ($P < 0,01$) de los efectos de bloques y de tratamientos. Dentro de la variabilidad atribuible a tratamientos resalta la alta significación del contraste "testigo versus fertilizado" y del efecto de las dosis ($P < 0,01$). También hay efectos significativos de las fuentes y de la interacción dosis-fuente ($P < 0,10$ y $P < 0,20$ respectivamente).

En cuanto a la producción de parte vegetativa o "paja", obsérvese la alta significación de los efectos de

bloques y de tratamientos, así como las diferencias entre testigo y fertilizado ($P < 0,01$), pero no hay diferencias significativas ni entre dosis ni entre fuentes ni debidos a la interacción.

A los efectos de cuantificar las respuestas observadas a las distintas dosis y para ambas fuentes, se estimó la función de respuesta al agregado de P de acuerdo al siguiente modelo:

$$y = b_0 + b_1P + b_2P^2$$

siendo "y" los kg/ha de materia seca producida o de P absorbido, y "P" la dosis de fósforo aplicada en kg/ha.

Las funciones de respuesta resultantes aparecen en el cuadro 27.

Cuadro 27 - Funciones de respuesta al P aplicado para cada una de las fuentes y para cada parámetro evaluado.

MODELO	C O S E C H A													
	GRANO LECHOSO						MATERIA SECA							
	P ABSORBIDO			PARTE VEGET.			MATERIA SECA			PARTE VEGET.				
	SUPER	FOSF.	FOS	SUPER	FOSF.	FOS	SUPER	FOSF.	FOS	SUPER	FOSF.	FOS		
b ₀	2990	2764	7,24	6,91	3240	3132	1,49	1,55	1644	1597	5,91	5,78	7,39	7,32
b ₁	31,75	51,07	0,093	0,114	40,72	45,41	0,019	0,025	23,80	19,35	0,108	0,101	0,127	0,125
b ₂	-0,24	-0,42	-0,001	-0,001	-0,35	-0,42	-0,000	-0,000	-0,23	-0,17	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
F	2,89	11,31	10,88	4,07	4,25	7,77	5,42	1,02	8,00	7,75	12,32	9,53	10,95	7,23
R ²	0,28	0,60	0,59	0,35	0,36	0,51	0,42	0,12	0,52	0,51	0,62	0,56	0,59	0,49

Nótese que el ajuste del modelo cuadrático con los datos observados fue en general bueno, con valores de F muy significativos.

A continuación se representan gráficamente algunas de las funciones de respuesta estimadas.

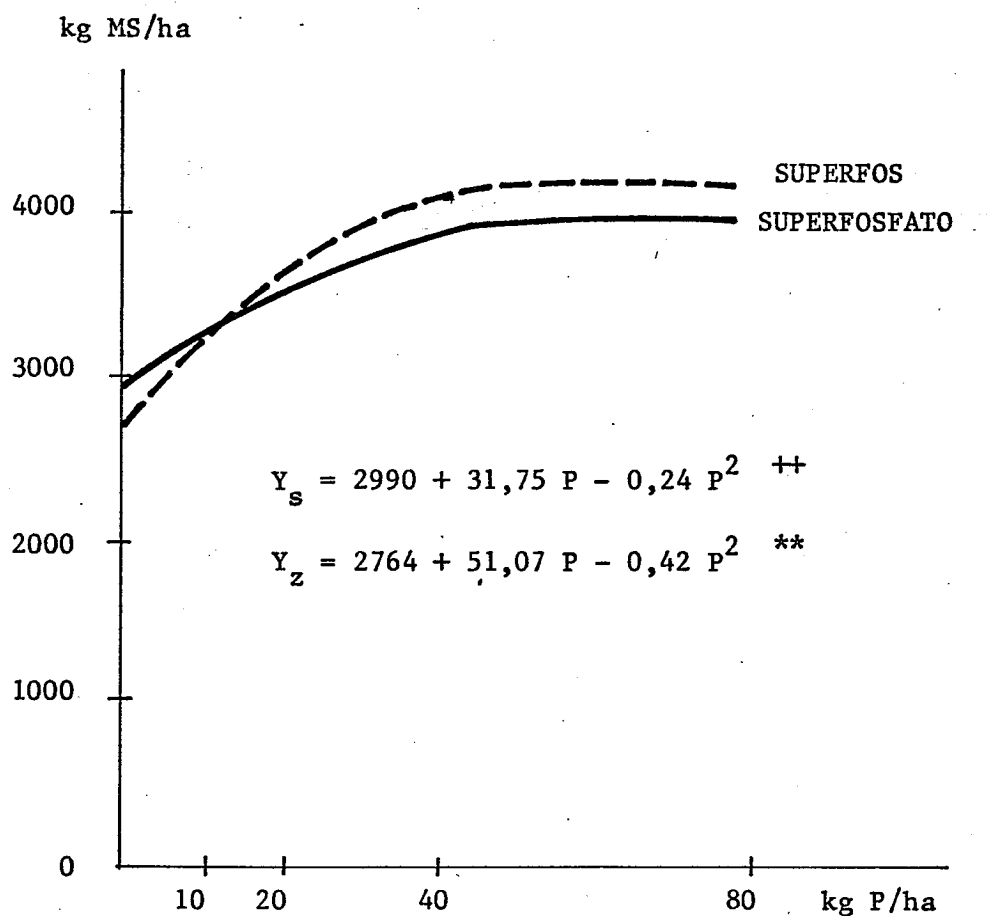


Gráfico 18 - Producción de trigo (planta entera) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes.

El efecto de la fertilización y de las dosis es notorio. Hay tendencia a la interacción entre la fuente y

la dosis utilizada, la que se ve expresada por el cruce de ambas curvas. La superioridad del P del Superfós es aparente ya que las diferencias entre fuentes no son significativas.

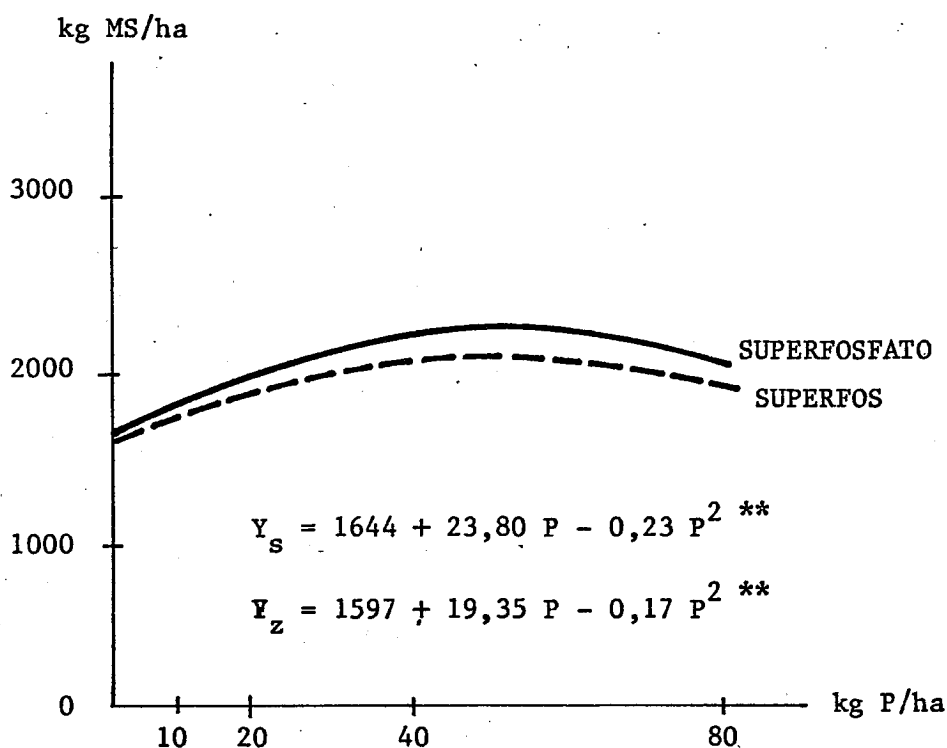


Gráfico 19 - Producción de trigo (grano) en función de dosis de fertilización, para ambas fuentes.

Se aprecia buena respuesta a la fertilización. La producción es creciente hasta los 40 kg P/ha aproximadamente.

Hay diferencias significativas entre fuentes pero no son muy grandes cuantitativamente.

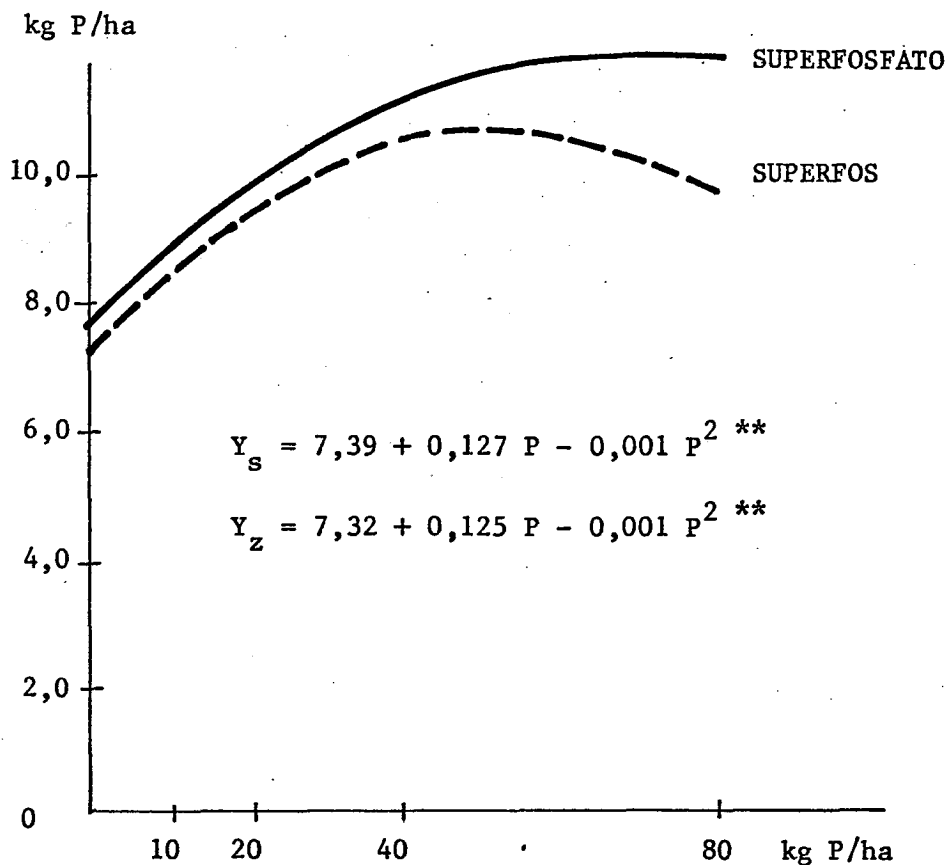


Gráfico 20 - Absorción de fósforo (total) en función de dosis de fertilización, para ambas fuentes.

Se observa importante efecto de la fertilización y de las dosis. La absorción es creciente hasta la dosis de 40 kg P/ha.

Hay diferencias entre fuentes, que se hacen más notorias a dosis altas.

A continuación se presenta el cuadro 28 con la eficiencia de ambas fuentes de P para cada parámetro observado y en los distintos rangos de fertilización de la experiencia.

Cuadro 28 - Eficiencia de ambas fuentes en términos de kg de MS producida o kg de P absorbido por kg de P aportado por hectárea.

	kg P/ha							
	0 - 10		10 - 20		20 - 40		40 - 80	
	SUPER FOSF.	SUPER FOS	SUPER FOSF.	SUPER FOS	SUPER FOSF.	SUPER FOS	SUPER FOSF.	SUPER FOS
MATERIA SECA	kg MS/kg P/ha							
GRANO LECHOSO	29	47	24	39	17	26	2	1
P ABSORBIDO	kg P abs./kg P/ha							
GRANO LECHOSO	0,09	0,10	0,08	0,08	0,06	0,05	0,02	-0,01
MATERIA SECA	kg MS/kg P/ha							
GRANO	22	18	17	14	10	17	-4	-2
P ABS. TOTAL	kg P abs./kg P/ha							
	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	0,01	-0,02

Se observa que:

- a) El cultivo presenta buena respuesta a la fertilización hasta los 40 kg P/ha aproximadamente.
- b) La mayor parte del P ya había sido absorbida cuando el muestreo de grano lechoso.
- c) En la producción de materia seca el estadio de "grano lechoso", aparentemente fue más eficiente el P del Superfós (hasta la dosis de 40 kg P/ha). Tómese en cuenta que las diferencias entre fuentes no fueron significativas.

- d) En la producción de grano, hasta los 20 kg P/ha fue más eficiente el P del Superfosfato, y en el rango de 20-40 lo fue el del Superfós. En este caso sí había diferencias significativas entre fuentes ($P < 0,10$) y también interacción dosis-fuente ($P < 0,20$) y el ajuste de las ecuaciones de respuesta fue bueno ($P < 0,01$ en ambos casos).
- e) En la absorción del fósforo fue siempre más eficiente el Superfosfato, lo que nos habla de su mayor disponibilidad de P para el cultivo. Tómese en cuenta que las diferencias entre las fuentes fueron significativas ($P < 0,10$) pero de poca relevancia (0,600 kg P/ha promedialmente).

4.2 INFORMACION DE SUELOS

4.2.1 Risso

En dicho ensayo se realizaron cuatro muestreos de suelo a lo largo de los tres años de experiencias. Todos los muestreos de suelo fueron analizados con el método Bray No.1. El valor inicial del contenido de P en el suelo antes de iniciar la experiencia fue de 4 ppm para el promedio de los 4 bloques.

El primer muestreo (A_1) se realizó en octubre de 1979; es decir, 6 meses después de la primera fertilización.

El segundo muestreo (A_2) se realizó en julio de 1980, 15 meses después de la primera fertilización.

El tercer muestreo (A_3) se realizó en agosto de 1981, 12 meses después de la segunda fertilización.

El cuarto muestreo (A_4) se realizó en enero de 1982, seis meses después de la tercera fertilización.

En el cuadro 29 aparecen los datos de análisis (ppm de P según Bray No.1) de los cuatro muestreos mencionados.

Cuadro 29 - Fósforo asimilable en el suelo (Bray) en función de los tratamientos aplicados. Datos en ppm.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE FOSFORO UTILIZADA	DOSIS DE FOSFORO kg/ha	A_1	A_2	A_3	A_4
1	Superfosfato	10	4	5	3	4
2	"	20	6	6	4	4
3	"	40	7	6	8	5
4	"	80	13	7	13	8
5	Superfós	10	4	6	3	3
6	"	20	4	5	5	4
7	"	40	4	5	4	5
8	"	80	6	4	6	5
9	TESTIGO	0	4	5	3	3

En el primer muestreo (A_1) los tratamientos con Superfosfato promediaron 8 ppm mientras que el valor del testigo fue 4 ppm; en cambio, las parcelas con Superfós tuvieron valores similares al testigo.

En el segundo muestreo (A_2), las parcelas con Superfosfato promediaron 6 ppm, el valor del testigo y el de las parcelas con Superfós fue 5 ppm, o sea que en este muestreo, que se realizó 15 meses después de la primera fertilización, el efecto residual del Superfosfato que se manifestó en el primer muestreo ya no es tan notorio.

En el tercer muestreo (A_3) las parcelas con Superfosfato promediaron 7 ppm, el testigo 3 ppm y las del Superfós tuvieron valores parecidos al testigo. Estos son valores de un año después de la segunda fertilización.

En el cuarto muestreo (A_4) las parcelas con Superfosfato promediaron 5 ppm, las del Superfós 4 ppm y el testigo 3 ppm. Estos valores fueron obtenidos 6 meses después de la tercera fertilización. El hecho de que el efecto residual de la tercera fertilización sea aparentemente menor que el de la segunda, puede estar relacionado con la remoción de fósforo hecha por los cultivos. Obsérvese que a continuación del tercer muestreo se plantó un trigo que luego falló, y luego se sembró sorgo, y por tanto hubo dos cultivos que utilizaron ese fósforo de la tercera fertilización.

A continuación se observan los análisis de varianza correspondientes (Cuadro 30).

Cuadro 30 - Análisis de varianza de los valores de fósforo asimilable de los muestreos de Risso.

-FUENTE DE VARIACION	GL	A ₁		A ₂		A ₃		A ₄	
		CM	F	CM	F	CM	F	CM	F
TOTAL	39								
ERROR	28	8,24		1,04		3,19		2,41	
MODELO	11	23,91	2,90*	4,19	4,05**	32,95	10,34**	8,45	3,51**
BLOQUES	3	5,80	0,70	5,17	4,99**	4,93	1,55	0,87	0,36
TRATAMIENTOS	8	30,70	3,72**	3,82	3,69**	43,45	13,62**	11,30	4,69**
T vs. F	1	34,22	4,15 ⁺⁺	3,60	3,48 ⁺⁺	44,10	13,84**	14,40	5,98*
DOSIS	3	32,12	3,90*	0,08	0,08	63,00	19,77**	11,08	4,60**
FUENTES	1	60,50	7,34*	3,13	3,02 ⁺⁺	55,13	17,30**	18,00	7,48*
D x F	3	18,17	2,21 ⁺	7,87	7,60**	19,79	6,21**	8,25	3,43*

Tómese en cuenta que para los muestreos 1 y 2 sólo se había efectuado la primera fertilización. En los dos hay efecto muy significativo de los tratamientos ($P < 0,01$) y en el segundo en particular hubo también efecto significativo de los bloques ($P < 0,01$).

Las diferencias entre testigo y fertilizado tuvieron un grado de significación no muy alto en ambos casos ($P < 0,10$).

En el primer muestreo, la variación entre dosis y en

tre fuentes fue muy significativa ($P < 0,05$) y hubo tendencia a la interacción dosis-fuente ($P < 0,20$).

En el segundo no hay variación significativa entre dosis, pero sí entre las fuentes ($P < 0,10$) y es muy marcado el efecto de la interacción dosis-fuente ($P < 0,01$).

En el tercer muestreo el efecto de los tratamientos fue muy significativo ($P < 0,01$).

Dentro de la variación atribuible a los tratamientos se destaca que todas las fuentes de variación fueron muy significativas ($P < 0,01$). Teniendo en cuenta que este muestreo se realizó un año después de la segunda fertilización, se puede pensar que es debido al efecto residual de los fosfatos acumulados.

En el cuarto muestreo también las diferencias entre tratamientos fue muy significativa ($P < 0,01$). Todas las fuentes de variación que componen la atribuible a los tratamientos tuvieron alta significación, en especial las dosis ($P < 0,01$).

Esto también puede interpretarse como resultado del efecto residual de los fosfatos acumulados en dicho suelo.

Con los datos obtenidos de fósforo del suelo, también se buscó estimar una función que representara a la disponibilidad de P del suelo en función de la dosis de fósforo aplicada. Se estimaron ecuaciones de respuesta para cada muestreo, una por cada fuente de P aplicado.

El modelo fue el siguiente:

$$y = b_0 + b_1P + b_2P^2$$

donde "y" significa ppm de P en el suelo y "P" significa dosis de fósforo aplicada (kg/ha).

En el cuadro 31 están las funciones de respuesta estimadas.

Cuadro 31 - Funciones de respuesta del P asimilable del suelo frente al agregado de P.

MODELO	A ₁		A ₂		A ₃		A ₄	
	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS
b ₀	3,86	3,93	4,77	4,96	2,60	3,05	3,13	2,81
b ₁	0,06	0,01	0,02	0,04	0,11	0,02	0,03	0,06
b ₂	0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00
F	9,68**	2,00 ⁺	5,06*	3,48*	39,46**	7,38**	20,88**	2,04 ⁺
R ²	0,48	0,16	0,33	0,25	0,79	0,41	0,67	0,16

El ajuste del modelo matemático con los datos experimentales, en términos generales fue bueno, ya que los valores de F son en general de alta significación. Se observa que en todos los muestreos la función planteada para el Superfosfato tuvo mucho mejor ajuste que la del Superfós.

A continuación se representan gráficamente las funciones de respuesta estimadas. Nótese que las gráficas fueron estimadas según la dosis de P aplicada, es decir

0, 10, 20, 40 y 80 kg P/ha.

No obstante ello, en las gráficas de las funciones - de respuesta del tercer y cuarto muestreo figuran en el eje de las abscisas las cantidades de P/ha acumulado, ya que dichos muestreos fueron realizados luego de la segunda y tercera fertilización respectivamente.

A continuación se presentan gráficamente algunas de las funciones de respuesta estimadas.

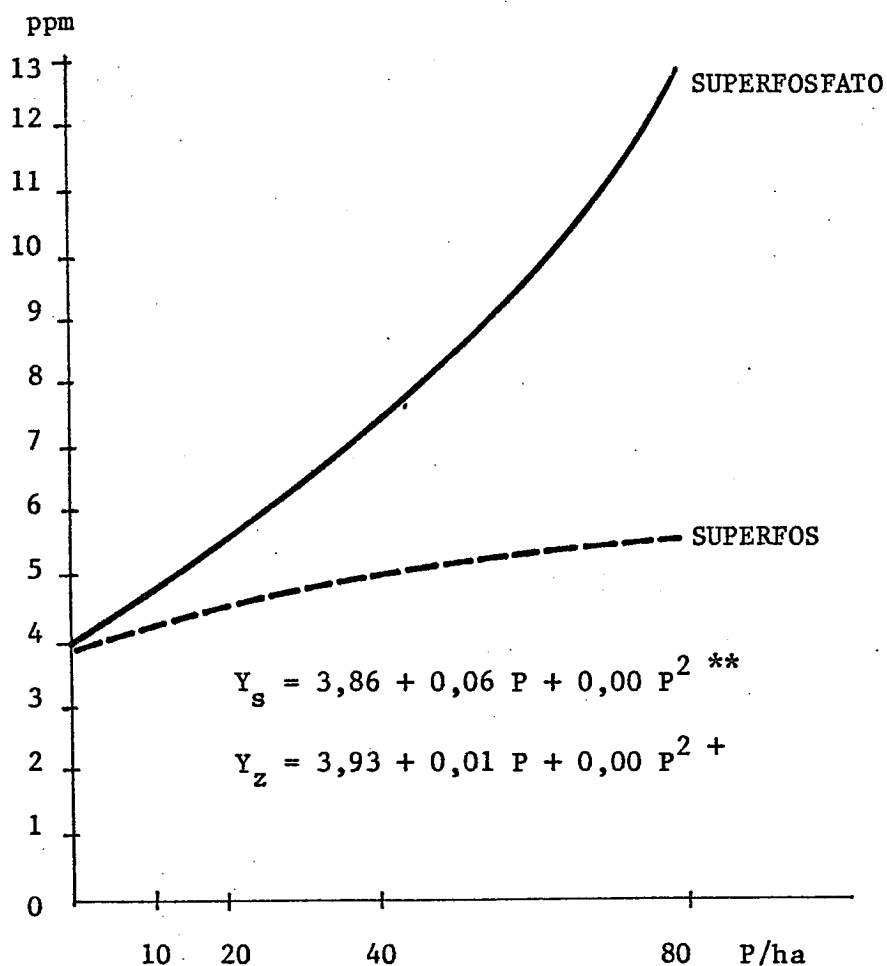


Gráfico 21 - Fósforo asimilable del suelo (1er. muestreo) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes (datos en ppm).

Obsérvese que la ecuación calculada para el Superfosfato es confiable mientras que la del Superfós no lo es mucho. El agregado de P en forma de Superfosfato aumenta considerablemente la disponibilidad de P del suelo.

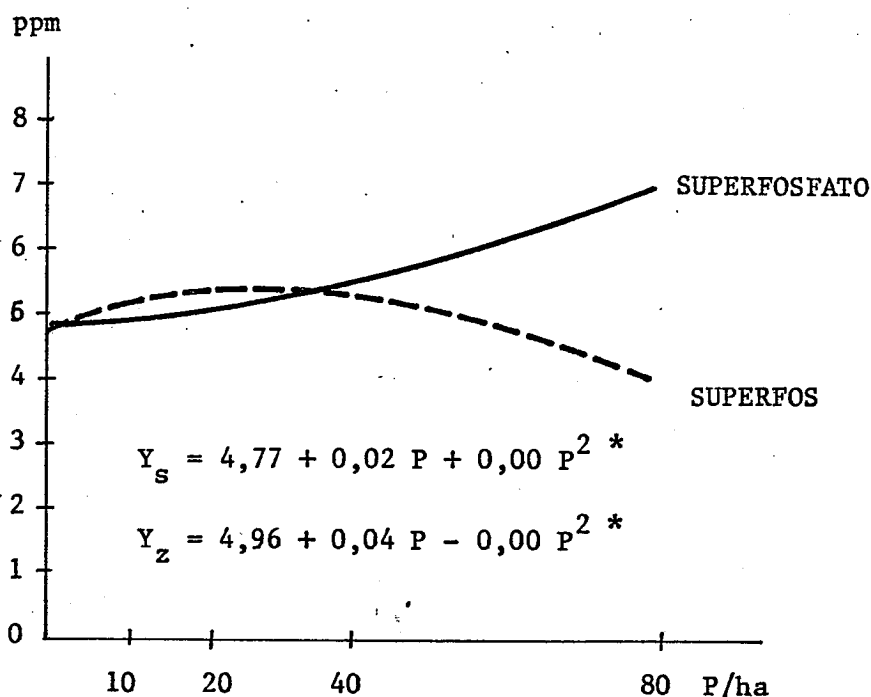


Gráfico 22 - Fósforo asimilable del suelo (segundo muestreo) en función de dosis de fertilización para ambas fuentes (datos en ppm).

En dosis menores de 40 kg P/ha prácticamente no hay efecto de la fertilización sobre la disponibilidad de fósforo.

En dosis mayores sí se nota un aumento de la disponibilidad para el caso del Superfosfato pero para el Superfós no. La interacción dosis-fuente es muy significativa ($P < 0,01$) y el ajuste de las funciones estimadas -

es bastante bueno.

Este muestreo se realizó 15 meses después de la primera fertilización y comparándolo con el primero se observa que el suelo fue amortiguando el efecto de la alta disponibilidad inicial de P que produjo el Superfosfato.

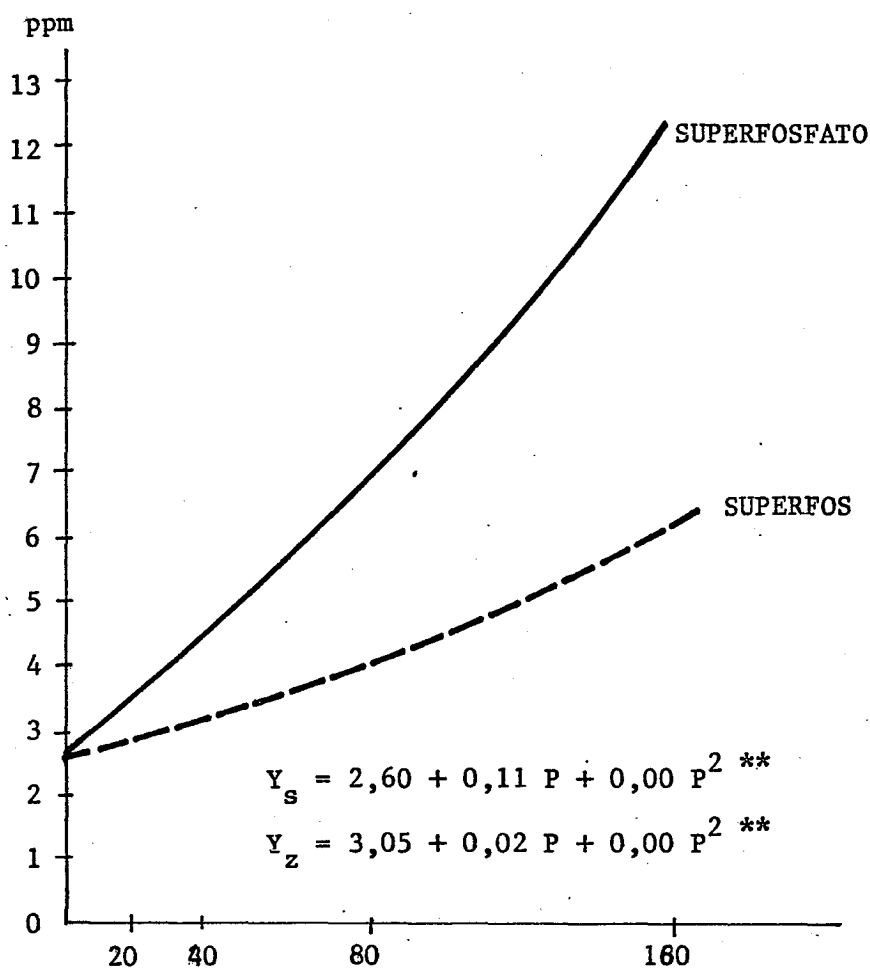


Gráfico 23 - Fósforo asimilable en el suelo (3er. muestreo) en función de las dosis de fertilización, para ambas fuentes (datos en ppm).

En la función estimada para el Superfosfato el grado de ajuste fue muy alto y en la del Superfós fue alto pero con menor valor de R^2 .

En este muestreo, que fue realizado un año después de la segunda fertilización, se aprecia el importante efecto residual del agregado de sucesivas dosis de Superfosfato y un efecto notoriamente menor del agregado de Superfós.

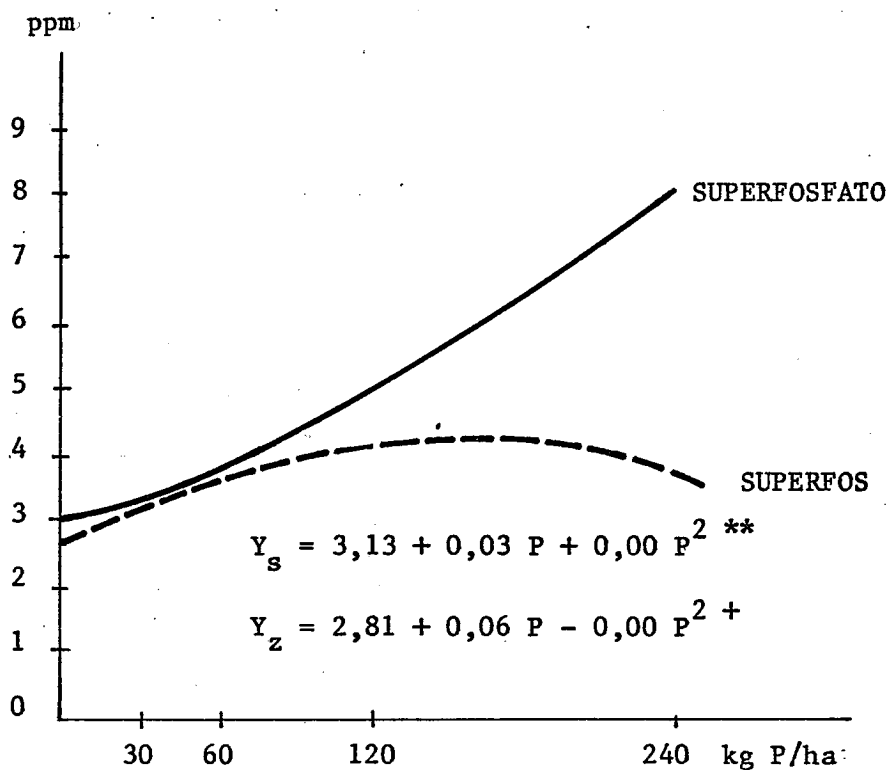


Gráfico 24 - Fósforo asimilable en el suelo (4to. muestreo) en función de las dosis de fertilización, para ambas fuentes (datos en ppm).

El ajuste de la función calculada para el Superfosfato fue muy bueno, por el contrario de la función estimada para el Superfós.

En este muestreo que fue realizado 6 meses después - de la tercera fertilización, se vio que los agregados - sucesivos de Superfosfato tuvieron un claro efecto positivo sobre el P disponible del suelo y estos efectos son notoriamente mayores que los del agregado de Superfós.

4.2.2 San Ramón

En este ensayo se realizaron tres muestreos de suelo a lo largo de dos años de experiencia. Todos los muestreos de suelo fueron analizados con el método Bray No.1.

El primer muestreo (A_1) se realizó en noviembre de 1980, 8 meses después de la primera fertilización.

El segundo muestreo (A_2) se realizó en agosto de 1981 un mes después de la segunda fertilización. En este muestreo, por lo tanto, no se evaluó el efecto residual de los fosfatos sino su efecto inicial o starter sobre la disponibilidad de fósforo del suelo.

El tercer muestreo (A_3) se realizó en enero de 1982, 6 meses después de la segunda fertilización. Es decir, que en primer y tercer muestreo el fósforo que se midió puede ser considerado como efecto residual de los fosfatos aplicados.

A continuación aparecen los valores de disponibilidad de fósforo obtenidos de los análisis de estos tres muestreos.

Cuadro 32 - Fósforo asimilable en el suelo (Bray) en función de los tratamientos aplicados (datos en ppm).

No. de TRATAMIENTO	FUENTE UTILIZADA	DOSIS APLICADA	A ₁	A ₂	A ₃
1	Superfosfato	10	7	10	8
2	"	20	9	10	13
3	"	40	10	14	15
4	"	80	20	19	17
5	Superfós	10	9	12	10
6	"	20	7	11	10
7	"	40	8	12	9
8	"	80	10	11	10
9	TESTIGO	0	7	11	6

En el primer muestreo, las parcelas con Superfosfato oscilan entre 7 y 20 ppm, las del Superfós promedian 8 ppm y las parcelas testigo 7 ppm.

En el segundo muestreo las parcelas con Superfosfato tienen valores entre 10 y 19 ppm, las del Superfós promedian 11 ppm y las parcelas testigo 11 ppm.

En el tercer muestreo, las parcelas con Superfosfato tienen valores entre 8 y 17 ppm, las con Superfós entre 9 y 10 ppm y el testigo tiene 6 ppm.

A continuación se presentan los análisis de varianza realizados.

Cuadro 33 - Análisis de varianza de los valores de fósforo asimilable en los muestreos de San Ramón.

FUENTES DE VARIACION	GL	A ₁		A ₂		A ₃	
		CM	F	CM	F	CM	F
TOTAL	29						
ERROR	19	27,51		5,61		21,16	
MODELO	10	24,85	0,90	24,56	4,38**	41,08	1,94 ⁺
BLOQUES	2	22,30	0,81	14,03	2,50 ⁺	14,93	0,71
TRATAM.	8	25,48	0,93	27,19	4,85**	47,62	2,25 ⁺⁺
T vs. F	1	0,53	0,02	16,87	3,00 ⁺⁺	165,67	7,82*
DOSIS	3	2,11	0,08	28,15	5,02**	25,37	1,19
FUENTES	1	16,67	0,61	26,04	4,64*	63,37	2,99 ⁺⁺
D x F	3	60,11	2,19 ⁺	30,04	5,36**	25,26	1,19

En el primer muestreo se observa que ninguna de las fuentes de variación tuvo efectos significativos. Ni siquiera la variación atribuible al modelo (bloques y tratamientos). Hubo una leve tendencia a la interacción dosis-fuente.

En el segundo muestreo no se evalúa fósforo residual sino fósforo rápidamente disponible ya que dicho muestreo fue realizado al mes de la segunda fertilización.

En dicho muestreo el efecto de los tratamientos es muy significativo ($P < 0,01$) y dentro de esa variación - ejercen especial influencia los efectos de dosis y la interacción dosis-fuente ($P < 0,01$).

En el tercer muestreo, que es el que puede evidenciar algún efecto residual, hay diferencias significativas - entre tratamientos ($P < 0,10$). Dentro de esa variabilidad se destaca la significación que tiene el contraste entre testigo y fertilizado ($P < 0,05$) y de menor grado el efecto de la fuente de fósforo aplicada ($P < 0,10$).

También en estos muestreos se estimó una función que representara a la disponibilidad de P del suelo en función de la dosis de P aplicada. El modelo utilizado fue

$$y = b_0 + b_1P + b_2P^2,$$

siendo "y" los ppm de P en el suelo y "P" la dosis de fósforo aplicada (kg P/ha).

En el cuadro 34 están las funciones estimadas.

Cuadro 34 - Funciones de respuesta del P asimilable del suelo frente al agregado de P.

MODELO	A ₂		A ₃	
	SUPER FOSFATO	SUPER FOS	SUPER FOSFATO	SUPER FOS
b ₀	10,20	10,85	5,54	6,58
b ₁	0,05	0,04	0,36	0,15
b ₂	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
F	16,52**	0,20	7,22**	3,31 ⁺⁺
R ²	0,69	0,03	0,49	0,31

Obsérvese que las funciones estimadas para el Superfosfato presentaron muy buen ajuste, no ocurrió lo mismo con los del Superfós.

A continuación se representarán gráficamente las funciones estimadas.

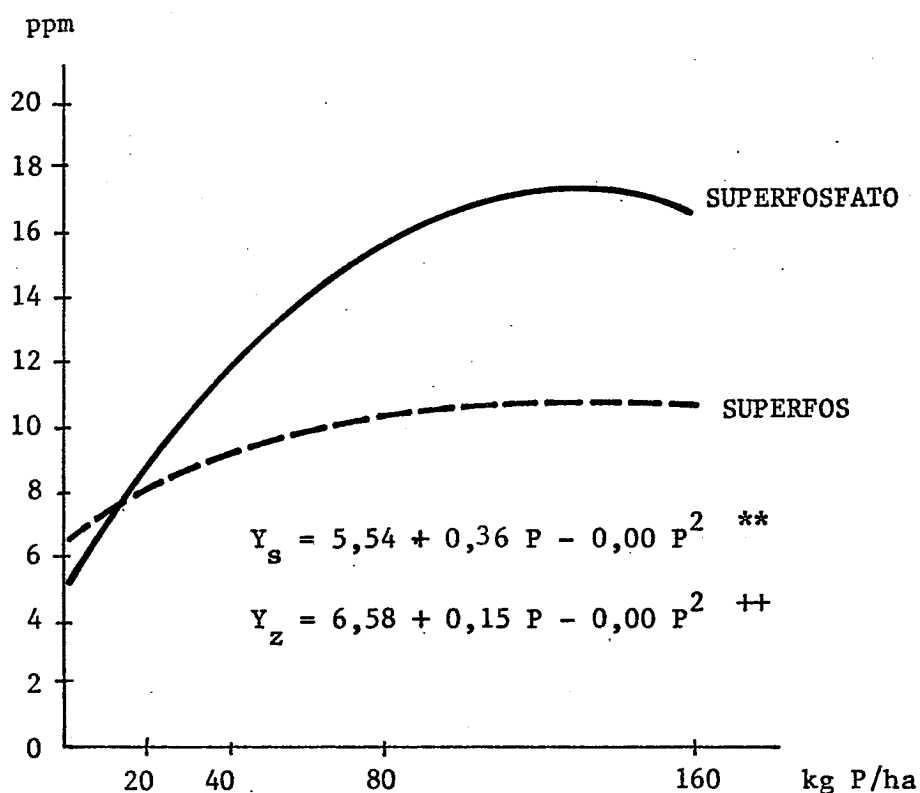


Gráfico 25 - Fósforo asimilable en el suelo (3er. muestreo) en función de las dosis de fertilización, para ambas fuentes (datos en ppm).

Obsérvese que mientras el agregado de P como Superfosfato tiene un efecto residual importante (eleva hasta 17 ppm la disponibilidad de fósforo), el efecto del Superfós es de poca entidad.

O sea, que ambas fuentes difieren significativamente en cuanto a su efecto residual en el fósforo disponible del suelo.

5. RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo fueron estudiar en dos suelos de distintas propiedades físicas y químicas, las respuestas al agregado de P bajo dos fuentes fertilizantes en la producción de cultivos anuales y estudiar los efectos residuales relativos del agregado de ambas fuentes en el P disponible del suelo.

El estudio se localizó en dos suelos:

- a) Vertisol rúptico (Risso);
- b) Planosol subéutrico melánico (San Ramón).

La secuencia de cultivos fue:

- a) Risso: Avena - Trigo.- Sorgo
- b) San Ramón: Avena- Trigo.

Las fuentes de P utilizadas fueron:

- . Superfosfato (0-21/23-0)
- . Superfós (0-18/30-0)

Las dosis aplicadas anualmente fueron 0, 10, 20, 40 y 80 kg de P/ha.

En cada cultivo se midió la respuesta y la eficiencia de uso del fertilizante por:

- a) Rendimiento en materia seca (grano o forraje);
- b) Absorción de P.

Se estudió la evolución del P en el suelo por la determinación de P asimilable (Bray) antes y después de cada cultivo.

6. CONCLUSIONES

6.1 RISSO

En todos los casos hubo efectos significativos de la fertilización. Se observan, en general, respuestas importantes de los rendimientos en MS a la fertilización hasta una dosis de 40 kg P/ha.

La eficiencia relativa del P del Superfós con respecto al del Superfosfato para el rango de 10-40 kg P/ha para los rendimientos de MS oscila por el 80 por ciento, mientras que la eficiencia relativa considerando el P absorbido en ese mismo rango oscila por el 60 por ciento.

Teniendo en cuenta que casi el 100 por ciento del P del Superfosfato es soluble al agua y citrato de amonio y que sólo un 38 por ciento del P del Superfós lo es, se observa que la diferencia entre ambas fuentes no radicó exclusivamente en sus diferentes contenidos de P soluble al agua, ya que si así fuera las diferencias en la eficiencia habrían sido mayores.

En términos de absorción de P la eficiencia relativa del P del Superfós contra el del Superfosfato para el rango de 10-40 kg de P/ha fue del 70 por ciento para el primer año (avena), del 68 por ciento para el segundo (trigo) y del 45 por ciento para el tercero (sorgo).

El Superfosfato mostró ser bastante más eficiente en su capacidad de brindar P al cultivo, pero esta ma-

yor eficiencia no se vio reflejada en la misma proporción en los rendimientos de MS. O sea, que otros factores, además de la disponibilidad de P habrían actuado como limitantes de la producción de los cultivos.

Es de resaltar que en el tercer cultivo (sorgo) la mayor eficiencia del P del Superfosfato fue mucho más marcada que en los cultivos anteriores pudiéndose atribuir esto a que el sorgo tenga mayor respuesta a la aplicación de P soluble al agua y/o al efecto residual de la acumulación de fosfatos solubles.

Con respecto a los datos de P asimilable (Bray) se observa, en primer lugar, que hay diferencias significativas entre los testigos y las parcelas fertilizadas.

También hay efectos significativos de las dosis y el efecto de la interacción dosis por fuente es notorio en todos los muestreos realizados, lo que determina que las diferencias entre ambas fuentes se agudicen en el rango de 40-80 kg P/ha.

Hay diferencias significativas entre los efectos residuales de las fuentes, y estas diferencias, en especial a dosis altas, son proporcionalmente mayores que las que se obtuvieron cuando se evaluó el P absorbido y más aún que las habidas en los rendimientos de MS/ha.

Es lógico suponer que otros factores limitantes que influyen en la absorción del P (tales como desarrollo radicular, condiciones climáticas, etc.) estuvieron enmascarando el grado de diferenciación que debió haber entre las dos fuentes de acuerdo con sus respectivos valores de disponibilidad en el suelo.

Por otra parte, las demás limitantes que condicionan el rendimiento de los cultivos impidieron que las diferencias observadas en la absorción de P se reflejaran proporcionalmente en los rendimientos.

6.2 SAN RAMON

Hubieron efectos significativos de la fertilización en ambos cultivos. En el primer año los efectos de dosis y de fuentes no fueron significativos en la producción de avena, sin embargo en la producción de trigo al año siguiente sí lo fueron.

En lo referente al P absorbido, las diferencias entre testigo y fertilizado, así como las entre dosis y entre fuentes y las debidas a la interacción fueron siempre más significativas en el segundo cultivo que en el primero. Por ello parece insinuarse un efecto residual de la acumulación de fosfatos solubles.

En el primer año (avena) un kg de P del Superfosfato parece ser igualmente eficiente que uno del Superfós en lo que refiere a producción de avena, y en la producción de trigo al año siguiente no resulta clara la diferencia entre las fuentes. En lo que respecta a la absorción de P en el primer año no hay diferencias entre las fuentes y en el segundo el P del Superfós resulta algo menos eficiente (84%) que el del Superfosfato.

Estas tendencias serían atribuibles a que las condiciones de acidez del suelo producirían una rápida retrogradación del P soluble a otras formas menos solubles, lo cual traería como consecuencia la similitud de los efectos de ambas fuentes de P.

Sería necesario al menos un año más de obtención de datos para tener una idea formada sobre la evolución de los fosfatos aplicados en este suelo.

Con respecto a los datos de P asimilable (Bray) se observa que en el primer muestreo no hubo efecto alguno de los tratamientos ni de la fertilización.

En el tercer muestreo, el agregado de ambas fuentes a iguales dosis de P aplicado no produjo similares efectos residuales siendo los valores detectados mayores cuando la fuente agregada fue Superfosfato.

Los valores de P asimilable en este suelo son, en general, más altos que los detectados en el Vertisol de Risso.

7 . A P E N D I C E

7.1 RISSO

Cuadro 1 - RISSO: Muestreo de suelo No.1, realizado en octubre de 1979, 6 meses después de la primera fertilización. Datos en ppm de P, método Bray No.1

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME- DIO
1	Superfosfato	10	4	4	4	6	4
2	"	20	8	5	5	6	6
3	"	40	7	7	7	6	7
4	"	80	7	24	13	6	13
5	Superfós	10	4	5	4	5	4
6	"	20	4	4	4	6	4
7	"	40	4	5	4	4	4
8	"	80	4	8	4	6	6
9	TESTIGO	0	3	2	4	6	4

Cuadro 2 - RISSO: Muestreo de suelo No.2, realizado en julio de 1980, 15 meses después de la primera fertilización. Datos en ppm de P, método Bray 1.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME- DIO
1	Superfosfato	10	5	6	5	3	5
2	"	20	5	8	5	5	6
3	"	40	6	8	3	5	6
4	"	80	7	9	7	6	7
5	Superfós	10	5	7	7	6	6
6	"	20	4	5	6	5	5
7	"	40	7	5	5	5	6
8	"	80	3	4	4	5	4
9	TESTIGO	0	5	6	4	4	5

Cuadro 3 - RISSO: Muestreo de suelos No.3, realizado en agosto de 1981, un año después de la segunda fertilización. Datos en ppm de P, método Bray 1.

No.de TRATA- miento	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME- DIO
1	Superfosfato	10	4	2	2	4	3
2	"	20	5	2	5	4	4
3	"	40	6	9	11	7	8
4	"	80	10	16	15	9	13
5	Superfós	10	2	4	4	3	3
6	"	20	5	7	4	4	5
7	"	40	4	4	4	4	4
8	"	80	7	8	5	5	6
9	TESTIGO	0	4	2	4	2	3

Cuadro 4 - RISSO: Muestreo de suelos No.4, realizado en enero de 1982, seis meses después de la tercera fertilización. Datos en ppm de P, método Bray 1.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME- DIO
1	Superfosfato	10	3	6	4	3	4
2	"	20	3	4	4	4	4
3	"	40	3	5	6	6	5
4	"	80	6	7	12	8	8
5	Superfós	10	3	4	3	2	3
6	"	20	3	4	4	3	4
7	"	40	5	6	5	3	5
8	"	80	7	4	5	4	5
9	TESTIGO	0	4	3	2	3	3

Cuadro 5 - RISSO, año 1979. Producción de avena en el primer corte.
 Datos en kg de MS/ha

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME- DIO
1	Superfosfato	10	2274	2168	1507	1826	1949
2	"	20	2421	2295	2586	2018	2330
3	"	40	2860	2364	2335	1964	2380
4	"	80	2286	2167	2453	2560	2367
5	Superfós	10	1765	1855	2684	1579	1970
6	"	20	1713	2269	1940	1656	1894
7	"	40	2046	2154	2578	1811	2147
8	"	80	1915	2143	1967	2425	2112
9	TESTIGO	0	1257	1296	1085	1159	1199

Cuadro 6 - RISSO, año 1979. Producción de avena en el segundo corte.
 Datos en kg de M.S./ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME- DIO
1	Superfosfato	10	3240	4437	4875	5195	4436
2	"	20	2770	3350	4768	5790	4169
3	"	40	3084	4055	4116	5038	4073
4	"	80	3526	4200	4474	4721	4230
5	Superfós	10	3544	4125	3129	4953	3938
6	"	20	3565	3393	5074	4170	4050
7	"	40	5112	4085	4290	5325	4703
8	"	80	3238	3262	5212	5314	4256
9	TESTIGO	0	3101	3588	4518	4227	3858

Cuadro 7 - RISSO, año 1979. Producción total de avena. (Prímero y segundo corte) Datos en kg de M.S./ha.

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME-DIO
1	Superfosfato	10	5514	6605	6382	7021	6380
2	"	20	5191	5645	7354	7808	6500
3	"	40	5944	6419	6451	7002	6454
4	"	80	5812	6367	6927	7281	6597
5	Superfós	10	5309	5980	5813	6532	5908
6	"	20	5278	5662	7014	5826	5945
7	"	40	7158	6239	6868	7136	6850
8	"	80	5153	5405	7179	7739	6369
9	TESTIGO	0	4358	4884	5603	5386	5058

Cuadro 8 - RISSO, año 1979. Absorción de fósforo en el primer corte de avena. Datos en kg de P/ha.

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME-DIO
1	Superfosfato	10	5,21	4,86	3,32	4,02	4,35
2	"	20	6,20	6,56	6,21	4,88	5,96
3	"	40	9,44	7,07	6,89	6,05	7,36
4	"	80	9,76	8,02	9,93	11,26	9,74
5	Superfós	10	5,75	4,56	6,84	2,92	5,02
6	"	20	3,77	5,49	4,19	3,74	4,30
7	"	40	4,58	4,74	6,34	4,22	4,97
8	"	80	5,40	5,19	4,94	7,90	5,86
9	TESTIGO	0	2,11	2,03	1,78	2,39	2,09

Cuadro 9 - RISSO, año 1979. Absorción de fósforo en el segundo corte de avena. Datos en kg de P/ha.

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	4,28	6,03	6,19	7,32	5,95
2	"	20	4,24	6,03	8,39	8,39	6,76
3	"	40	5,49	8,47	6,83	8,01	9,32
4	"	80	7,09	8,86	9,84	10,62	9,10
5	Superfós	10	3,86	4,54	4,82	5,25	4,62
6	"	20	4,46	3,76	6,14	4,42	4,69
7	"	40	6,70	6,62	6,26	8,41	7,00
8	"	80	5,63	5,12	8,96	9,35	7,27
9	TESTIGO	0	3,15	3,80	4,74	3,17	3,60

Cuadro 10 - RISSO, año 1979. Absorción total de fósforo en el cultivo de avena (Prímero y segundo corte). Datos en Kg P/ha.

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	9,49	10,89	9,51	11,34	10,30
2	"	20	10,44	12,59	14,60	13,27	12,72
3	"	40	14,93	15,54	13,72	14,06	16,68
4	"	80	16,85	16,88	19,77	21,88	18,84
5	Superfós	10	9,61	9,10	11,66	8,17	9,64
6	"	20	8,23	9,22	10,33	8,16	8,99
7	"	40	11,28	11,36	12,60	12,63	11,97
8	"	80	11,03	10,31	13,90	17,25	13,13
9	TESTIGO	0	5,26	5,83	6,52	5,56	5,69

Cuadro 11. - RISSO, año 1980. Producción de trigo (grano maduro cosechado). Datos en kg de M.S./ha

No.de TRATAMIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	1283	1317	750	1016	1092
2	"	20	1093	1117	1530	1133	1218
3	"	40	1667	1767	1327	1217	1495
4	"	80	1650	1459	1500	1417	1459
5	Superfós	10	1187	883	1446	1067	1145
6	"	20	1017	1167	1133	1200	1129
7	"	40	1260	1450	1467	1267	1361
8	"	80	1317	1287	1426	1290	1330
9	TESTIGO	0	723	583	530	584	605

Cuadro 12 - RISSO, año 1980. Producción de trigo (grano inmaduro, estado lechoso). Datos en kg de M.S./ha

No.de TRATAMIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	870	735	790	835	808
2	"	20	815	1325	1120	870	1032
3	"	40	785	1160	1015	655	904
4	"	80	890	1078	1375	970	1078
5	Superfós	10	800	740	675	1025	810
6	"	20	980	1150	1090	920	1035
7	"	40	1065	970	875	870	945
8	"	80	1220	1090	1215	1000	1131
9	TESTIGO	0	585	557	388	570	525

Cuadro 13 - RISSO, año 1980. Producción de trigo (parte vegetativa del cultivo en el estado de grano lechoso). Datos en kg de M.S./ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME-DIO
1	Superfosfato	10	2680	2130	2550	2565	2481
2	"	20	2660	3085	3430	2780	2989
3	"	40	2765	3380	3385	2895	3106
4	"	80	2610	3105	3625	3080	3105
5	Superfós	10	2100	2160	2295	2895	2362
6	"	20	2860	2960	2905	3265	2997
7	"	40	2933	2640	2875	3055	2876
8	"	80	3045	2845	3210	3090	3048
9	TESTIGO	0	1747	1810	1410	1658	1659

Cuadro 14 - RISSO, 1980. Absorción de P, contenido en el grano en esta do lechoso. Datos en kg P/ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME-DIO
1	Superfosfato	10	3,61	3,06	3,39	3,41	3,37
2	"	20	3,84	5,79	4,58	4,19	4,60
3	"	40	4,09	5,39	4,75	2,93	4,29
4	"	80	4,23	5,96	5,66	4,31	5,04
5	Superfós	10	2,89	2,67	2,58	3,53	2,92
6	"	20	3,92	4,29	4,31	3,01	3,88
7	"	40	4,27	4,43	3,68	3,70	4,02
8	"	80	5,20	4,96	4,97	4,47	4,90
9	TESTIGO	0	1,97	2,28	1,35	1,93	1,88

Cuadro 15 - RISSO, 1980. Absorción de P, contenido en la parte vegetativa, en estado de grano lechoso. Datos en kg P/ha.

No. de TRATAMIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	1,88	2,02	1,71	1,92	1,88
2	"	20	2,02	2,04	2,85	2,36	2,32
3	"	40	3,26	2,54	2,81	3,42	3,01
4	"	80	2,82	4,62	3,44	4,00	3,72
5	Superfós	10	1,20	1,04	1,49	1,62	1,34
6	"	20	1,49	1,69	1,95	1,86	1,75
7	"	40	1,64	1,64	2,36	2,20	1,96
8	"	80	2,13	2,02	2,50	2,32	2,24
9	TESTIGO	0	1,45	1,22	1,08	1,01	1,19

Cuadro 16 - RISSO, 1980. Absorción de P (contenido en toda la planta) hasta el momento del cuajado del grano. Datos en kg P/ha.

No. de TRATAMIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	5,49	5,08	5,10	5,33	5,25
2	"	20	5,86	7,83	7,43	6,55	6,92
3	"	40	7,35	7,93	7,56	6,35	7,30
4	"	80	7,05	10,58	9,10	8,31	8,76
5	Superfós	10	4,09	3,71	4,07	5,15	4,26
6	"	20	5,41	5,98	6,26	4,87	5,63
7	"	40	5,91	6,07	6,04	5,90	5,98
8	"	80	7,33	6,98	7,47	6,79	7,14
9	TESTIGO	0	3,41	3,49	2,43	2,93	3,07

Cuadro 17 - RISSO, 1980. Absorción de P, contenido en grano maduro cosechado. Datos en kg P/ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROME- DIO
1	Superfosfato	10	5,20	5,36	3,21	3,96	4,43
2	"	20	4,78	5,06	7,01	5,42	5,57
3	"	40	7,53	8,55	5,88	6,25	7,05
4	"	80	7,77	8,59	7,58	6,87	7,70
5	Superfós	10	4,65	3,68	6,63	4,15	4,78
6	"	20	3,54	4,41	4,12	4,31	4,09
7	"	40	5,57	5,94	6,28	5,50	5,82
8	"	80	5,87	5,04	6,49	5,92	5,83
9	TESTIGO	0	2,62	2,21	2,00	2,06	2,22

Cuadro 18 - RISSO, 1981/82. Producción de sorgo (panojas). Datos en kg M.S./ha

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	4702	5907	5828	5541	5494
2	"	20	5907	5924	6836	5385	6013
3	"	40	5174	5956	6915	6699	6188
4	"	80	5525	6892	7398	6431	6562
5	Superfós	10	4354	4442	4605	4261	4416
6	"	20	5847	5388	5319	4356	5227
7	"	40	6219	5565	7335	5875	6250
8	"	80	5893	6468	6631	6836	6457
9	TESTIGO	0	3785	4070	4663	3611	4033

Cuadro 19 - RISSO, 1981/82. Producción de sorgo (parte vegetativa o "chala"). Datos en kg MS/ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	4058	5476	4082	4279	4474
2	"	20	5776	4565	4501	3695	4634
3	"	40	4922	6524	5327	5027	5450
4	"	80	5718	5146	5405	6739	5677
5	Superfós	10	5155	3163	4320	3882	4129
6	"	20	5046	3773	4447	3627	4223
7	"	40	5065	4786	6194	5041	5272
8	"	80	4783	3152	4535	6805	4819
9	TESTIGO	0	3653	4374	4380	3913	4080

Cuadro 20 - RISSO, 1981/82. Absorción de P, contenido en panojas. Datos en kg P/ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	7,80	9,98	9,38	13,69	10,22
2	"	20	20,38	14,34	15,38	14,65	16,30
3	"	40	14,69	20,91	22,96	25,25	20,79
4	"	80	18,84	26,19	25,15	21,61	22,90
5	Superfós	10	7,01	6,17	9,85	7,24	7,55
6	"	20	9,65	11,64	9,47	8,36	9,83
7	"	40	14,30	11,74	17,02	12,40	13,81
8	"	80	12,91	31,30	14,99	16,41	18,85
9	TESTIGO	0	5,50	6,29	7,83	5,83	6,33

Cuadro 21 - RISSO, 1981/82. Absorción de P, contenido en parte vegetativa o "chala" del sorgo. Datos en kg P/ha.

No.de TRATAMIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	1,38	8,43	2,45	2,27	3,76
2	"	20	7,62	4,93	2,75	1,88	4,08
3	"	40	5,22	9,79	7,77	3,82	6,54
4	"	80	6,06	9,67	7,67	8,76	8,06
5	Superfós	10	1,80	2,05	4,45	3,45	3,01
6	"	20	3,83	1,66	1,78	2,07	2,28
7	"	40	2,23	4,31	4,15	2,22	3,22
8	"	80	3,97	1,64	5,03	5,17	3,90
9	TESTIGO	0	2,37	2,89	1,58	2,05	2,24

Cuadro 22 - RISSO, 1981/82. Porcentaje de P en la última hoja totalmente extendida, en el estadio de floración del sorgo. Datos en porcentaje de P.

No.de TRATAMIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	0,187	0,217	0,214	0,229	0,212
2	"	20	0,261	0,249	0,239	0,257	0,252
3	"	40	0,278	0,317	0,316	0,218	0,282
4	"	80	0,400	0,464	0,405	0,415	0,421
5	Superfós	10	0,193	0,335	0,239	0,220	0,247
6	"	20	0,246	0,190	0,230	0,179	0,211
7	"	40	0,208	0,296	0,334	0,191	0,257
8	"	80	0,252	0,253	0,242	0,340	0,272
9	TESTIGO	0	0,173	0,188	0,191	0,160	0,179

Cuadro 23 - RISSO, 1981/82. - Absorción total de P en el sorgo.
 Datos en kg P/ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	9,18	18,41	11,83	15,96	13,98
2	"	20	28,00	19,27	18,13	16,53	20,38
3	"	40	19,91	30,70	30,73	29,07	27,33
4	"	80	24,90	35,86	32,82	30,37	30,96
5	Superfós	10	8,81	8,22	14,30	10,69	10,56
6	"	20	13,48	13,30	11,25	10,43	12,11
7	"	40	16,53	16,05	21,17	14,62	17,03
8	"	80	16,88	32,94	20,02	21,58	22,75
9	TESTIGO	0	7,87	9,17	9,42	7,88	8,57

7.2 SAN RAMON

Cuadro 24 - SAN RAMON. Muestreo de suelos No.1 realizado en noviembre de 1980, ocho meses después de la primera fertilización. Datos en ppm de P (Bray).

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	7	9	6	7
2	"	20	10	8	8	9
3	"	40	9	11	10	10
4	"	80	20	14	27	20
5	Superfós	10	11	9	8	9
6	"	20	6	8	6	7
7	"	40	9	6	9	8
8	"	80	10	10	10	10
9	TESTIGO	0	7	6	9	7

Cuadro 25 - SAN RAMON. Muestreo de suelos No.2, realizado en agosto de 1981, un mes después de la segunda fertilización. Datos en ppm de P (Bray).

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	11	13	6	10
2	"	20	12	12	7	10
3	"	40	17	16	11	15
4	"	80	19	17	22	19
5	Superfós	10	15	14	7	12
6	"	20	11	13	9	11
7	"	40	11	10	14	12
8	"	80	10	12	12	11
9	TESTIGO	0	11	11	10	11

Cuadro 26 - SAN RAMON. Muestreo de suelos No.3 realizado en enero de 1982, seis meses después de la segunda fertilización. Datos en ppm de P (Bray).

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	8	7	8	8
2	"	20	15	7	17	13
3	"	40	25	9	11	15
4	"	80	11	27	13	17
5	Superfós	10	13	10	7	10
6	"	20	15	9	7	10
7	"	40	10	7	9	9
8	"	80	8	13	11	11
9	TESTIGO	0	6	6	5	6

Cuadro 27 - SAN RAMON, 1980. Producción de avena (Primer corte). Datos en kg M.S./ha.

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	1959	1822	1591	1790
2	"	20	1856	2132	2173	2053
3	"	40	2012	1853	1718	1966
4	"	80	2150	1925	1961	2012
5	Superfós	10	1744	1897	2223	1954
6	"	20	1548	1893	2202	1881
7	"	40	1895	1835	2005	1912
8	"	80	1895	2095	2033	2007
9	TESTIGO	0	1645	1499	1717	1620

Cuadro 28 - SAN RAMON, 1980. Absorción de P (Primer corte). Datos en kg P/ha.

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	4,78	4,15	3,79	4,24
2	"	20	4,32	4,60	5,56	4,82
3	"	40	5,15	5,15	5,15	5,15
4	"	80	6,02	4,41	5,51	5,29
5	Superfós	10	4,99	4,04	5,02	4,71
6	"	20	3,39	3,86	3,63	3,63
7	"	40	5,34	5,17	5,51	5,35
8	"	80	4,40	5,20	4,23	4,62
9	TESTIGO	0	3,38	3,25	4,35	3,63

Cuadro 29 - SAN RAMON, 1980. Producción de avena (segundo corte). Datos en kg M.S./ha.

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	5474	5297	5179	5317
2	"	20	6060	7435	4974	6156
3	"	40	5535	6137	5433	5701
4	"	80	5667	6045	6167	5960
5	Superfós	10	6273	6523	5691	6162
6	"	20	5732	5017	4569	5106
7	"	40	8228	5129	5607	6321
8	"	80	5566	6370	5797	5911
9	TESTIGO	0	4980	5266	4574	4940

Cuadro 30 - SAN RAMON, 1980. Absorción de P en el segundo corte.
 Datos en kg P/ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	14,78	16,31	15,02	15,37
2	"	20	19,15	12,86	13,38	15,57
3	"	40	15,99	16,69	16,03	16,25
4	"	80	15,53	18,86	17,45	17,28
5	Superfós	10	15,87	13,17	15,31	14,85
6	"	20	14,44	12,64	13,54	13,54
7	"	40	20,41	12,87	16,04	16,56
8	"	80	14,30	17,39	16,17	15,96
9	TESTIGO	0	13,21	11,49	7,55	10,60

Cuadro 31 - SAN RAMON, 1980. Producción total de avena (primer y segundo corte). Datos en kg M.S./ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	7264	7119	6770	7051
2	"	20	7916	9567	7147	8210
3	"	40	7547	7990	7151	7667
4	"	80	7817	7970	8128	7972
5	Superfós	10	8017	8420	7914	8116
6	"	20	7280	6910	6771	6987
7	"	40	10123	6964	7612	8233
8	"	80	7461	8465	7830	7918
9	TESTIGO	0	6626	6765	6291	6560

Cuadro 32 - SAN RAMON, 1980. Absorción total de P (Primer y segundo corte). Datos en kg P/ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	19,56	20,46	18,81	19,61
2	"	20	23,47	17,46	18,94	20,39
3	"	40	21,14	21,14	21,14	21,14
4	"	80	21,55	23,27	22,96	22,57
5	Superfós	10	20,86	17,21	20,33	19,56
6	"	20	17,83	16,50	17,17	17,17
7	"	40	25,75	18,04	21,55	21,91
8	"	80	18,70	22,59	20,40	20,58
9	TESTIGO	0	16,59	15,00	11,90	14,40

Cuadro 33 - SAN RAMON, 1981. Producción de trigo (grano maduro). Datos en kg M.S./ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	2041	1837	1714	1864
2	"	20	2551	2265	1898	2238
3	"	40	2224	2245	1714	2061
4	"	80	2327	1959	1959	2082
5	Superfós	10	2082	1918	1408	1803
6	"	20	1633	2224	1653	1837
7	"	40	2327	2143	1918	2129
8	"	80	2102	1898	1980	1993
9	TESTIGO	0	1653	1612	1541	1602

Cuadro 34 - SAN RAMON, 1981. Producción de trigo (corte de planta entera en estadio de "grano lechoso"). Datos en kg M.S./ha.

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	3500	4150	2800	3483
2	"	20	3250	3800	4200	3750
3	"	40	3000	4000	3850	3617
4	"	80	4350	5000	2700	4017
5	Superfós	10	3400	3250	2700	3117
6	"	20	3300	3750	2500	3183
7	"	40	4750	4450	4350	4517
8	"	80	4100	4100	4150	4117
9	TESTIGO	0	3325	3200	2125	2883

Cuadro 35 - SAN RAMON, 1981. Producción de trigo (parte vegetativa o "paja"). Datos en kg M.S./ha.

No.de TRATA-MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	4296	4194	3008	3833
2	"	20	4419	4541	3519	4160
3	"	40	4255	4746	3029	4010
4	"	80	5093	3744	3907	4248
5	Superfós	10	4132	4071	2600	3601
6	"	20	4235	4071	3172	3826
7	"	40	4807	4071	3948	4275
8	"	80	4051	4173	3908	4044
9	TESTIGO	0	3346	3110	2906	3121

Cuadro 36 - SAN RAMON, 1981. Absorción de P hasta el estadio de "grano lechoso". Datos en kg P/ha.

No.de TRATAMIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	9,76	8,71	7,25	8,67
2	"	20	9,98	6,61	10,16	9,04
3	"	40	8,73	9,80	10,86	9,87
4	"	80	11,88	11,80	9,48	11,53
5	Superfós	10	11,15	6,31	7,13	8,16
6	"	20	9,90	7,31	5,18	7,45
7	"	40	11,83	9,92	10,48	10,75
8	"	80	10,95	7,75	9,60	9,43
9	TESTIGO	0	8,11	6,91	6,20	7,21

Cuadro 37 - SAN RAMON, 1981 - Absorción de P. Parte contenida en la parte vegetativa o paja del trigo. Datos en kg P/ha.

No.de TRATAMIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	1,67	1,64	1,17	1,49
2	"	20	2,08	2,18	1,55	1,91
3	"	40	2,34	2,51	1,42	2,09
4	"	80	3,11	1,95	2,23	2,42
5	Superfós	10	2,69	1,91	0,99	1,80
6	"	20	2,33	1,75	1,62	1,91
7	"	40	2,50	2,83	1,86	2,05
8	"	80	1,78	2,67	2,22	2,22
9	TESTIGO	0	1,87	1,43	1,27	1,50

Cuadro 38 - SAN RAMON, 1981. Absorción de P. Parte contenida en el grano de trigo. Datos en kg P/ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	7,69	6,83	5,76	6,75
2	"	20	10,20	8,61	7,01	8,57
3	"	40	8,36	8,87	7,58	8,33
4	"	80	10,94	8,01	8,62	9,16
5	Superfós	10	8,33	6,94	5,08	6,74
6	"	20	6,86	8,50	6,35	7,26
7	"	40	9,45	8,27	7,56	8,41
8	"	80	8,55	6,72	8,38	7,87
9	TESTIGO	0	6,34	5,53	5,50	5,80

Cuadro 39 -SAN RAMON,1981. Absorción total de P. Datos en kg P/ha.

No.de TRATA- MIENTO	FUENTE DE P	DOSIS (kg P/ha)	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	PROMEDIO
1	Superfosfato	10	9,36	8,47	6,93	8,24
2	"	20	12,28	10,79	8,56	10,48
3	"	40	10,70	11,38	9,00	10,42
4	"	80	14,05	9,96	10,85	11,58
5	Superfós	10	11,02	8,85	6,07	8,54
6	"	20	9,19	10,25	7,97	9,17
7	"	40	11,95	10,10	9,42	10,46
8	"	80	10,33	9,39	10,60	10,11
9	TESTIGO	0	8,21	6,96	6,76	7,30

8 . BIBLIOGRAFIA CITADA

1. BLACK, C.A. Relaciones suelo-planta. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1975. 2v.
2. BLACK, C.A. y SCOTT, C.O. Fertilizer evaluation: fundamental principles. Soil Science of America Proceedings 20(2):176-179. 1956.
3. CALDWELL, A.C. and CHLROGGE, A.J. Phosphorous fertility requirements in Pierre W.H. et al., ed. Advances in Corn Production. The Iowa State University Press. Press Building, Ames, Iowa, 1966. 237-256.
4. CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER". 1971. Fertilización de Pasturas. Boletín de Divulgación no.5. 40p.
5. CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER". 1973. Arroz. Boletín de Divulgación no.22. 87p.
6. CHU, C.R., MOSCHLER, W.W. y THOMAS, G.W. Rock fosfate transformation in acid soils. Soil Science Society of American Proceedings 26(5):476-478. 1962.
7. COOKE, G.W., MATTINGLY, E.G. y WIDDOWSON, F.V. The value of nitro-phosphate fertilizers. Journal of Agricultural Science 50(3): 253-259. 1958.
8. COOKE, G.W. y WIDDOWSON, F.V. Field experiments on phosphate fertilizers: A joint investigation. Journal of Agricultural Science. 53(1):46-63. 1959.
9. DRAKE, M. Soil Chemistry and plant nutrition. In Bear, F.E., ed. Chemistry of the soil. Second edition. New York, Renhold, 1964. pp 395-444.
10. GOVIL, B.P. y RAJENDRA, P. Growth characters and yield of sorghum (*Sorghum vulgare* Pers.) as affected by contents of water soluble P in triple superphosphate/dicalcium phosphate and triple superphosphate/rock phosphate mixtures. Journal of Agricultural Sciences 79(3):485-492. 1972.

11. JACOB, K.D. y HILL, W.L. Laboratory Evaluation of phosphate fertilizers In Pierre, W.H. y Norman, A.G. Soil and fertilizer phosphorous in crop nutrition. New York. Academic Press, 1953. pp 299-340.
12. JOOS, L.L. and BLACK, C.A. Availability of phosphate rock as affected by particle size and contact with bentonite and soil of different pH values. Soil Science Society of America Proceedings 15(1):69-75. 1950.
13. KILMER, V.J. y WEBB, J. Agronomic effectiveness of different fertilizers. In Nelson, L.B., ed. Changing patterns in fertilizer use. Madison, Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 1968. pp 33-65.
14. LABELLA, S. Fuentes de fósforo para cultivos anuales. Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay. Revista no.13. 1979. pp.17-23.
15. LABELLA, S.J. y AMENDOLA, L.A. Eficiencia relativa de algunas fuentes de fósforo para la fertilización directa de cultivos de verano. Estación Experimental del Norte. C.I.A.A.B. Boletín Técnico no.24. 1977. 16p.
16. MATTINGLY, G.E. and WIDDOWSON, F.V. Residual value of superphosphate and rock phosphate on an acid soil. In Yield and phosphorous uptake in the field. J. Agr. Sci. 60(3):399-407. 1963.
17. NELSON, L.B. Advances in fertilizers. Advances in Agronomy 17: 1-84. 1965.
18. NELSON, W.L., MEHEICH, A. y WINTERS, E. The development, evaluation and use of soil test for phosphorous availability. In Pierre, W.H. y Norman, A.G. Soil and fertilizer phosphorous in crop nutrition. New York Academic Press. 1953. pp 153-183.
19. REYNAERT, E.E. y CASTRO, J.L. Eficiencia de tres fertilizantes fosfatados en la fertilización inicial de pasturas. La Estanzuela, Uruguay. C.I.A.A.B. Boletín Técnico no.7. 1968. 24 p.
20. ROGERS, H.T., PEARSON, R.W. y ENSMINGER, L.E. Comparative efficiency of various phosphate fertilizers. In Pierre, W.H. y Norman, A.G., eds. Soils and fertilizer phosphorous in crop nutrition. New York, Academic Press, 1953. pp 189-250.

21. RUDD, C.L. Wheat yield response to various phosphate fertilizers in South Australia. Australian Journal of Experimental Agricultural and Animal Husbandry 12(54):65-79. 1972.
22. TERMAN, R., DENT, J.B. y ENGLISH, P.R. Fertilizer and soil P uptake by maize as affected by soil P level, granule size and solubility of phosphate sources. Journal of Agricultural Science 73(3):417-424. 1969.
23. TERMAN, G.L., HOFFMAN, W.M. y WRIGHT, B.C. Crop response to fertilizers in relation to content of "available" phosphorous. Advances in Agronomy 16:59-100. 1964.
24. TISDALE, S.L. y NELSON, W.L., 1966. Soil fertility and fertilizers. The Mc Millan Company. 694 p.
25. WEBB, J. Rock phosphate - superphosphate comparison. In Iowa State University of Science and Technology. Northwest Iowa Experimental farm. Annual Progress Report 1964 for outlying experimental farm. pp 8-10.
26. WEBB, J.R., KALJU, E. y PESEK, J.T. An evaluation of phosphorous fertilizers applied broadcast on calcareous soils for corn. Soil Sc. Soc. Am. Proc. 25(3): 232-236. 1961.
27. WEBB, J.R. y PESEK, J. An evaluation of phosphorous fertilizers varying in water solubility: I Hill application for corn. Soil Sc. Soc. of Am. Proc. 22(6):533-538. 1958.
28. WHITE, R.F. et al. Fertilizer evaluation: II Estimation of availability coefficients. Soil Sc. Soc. of Am. Proc. 20(2): 179-186. 1956.
29. ZAMUZ, E.M. de y CASTRO, J.L. Evaluación de métodos de análisis de suelos para determinar fósforo asimilable. La Estanzuela, Uruguay. C.I.A.A.B., Boletín Técnico no.15. 1974. 15 p.
30. ZAMUZ, E.M. de y CASTRO, J.L. Evaluación de seis fuentes de fósforo en nueve tipos de suelo. La Estanzuela, Uruguay. C.I.A.A.B. Boletín Técnico no.23. 1975. 16 p.