

*María Mercedes Figueroa y Ana María Lupi  
Ing. Agr. PhD. Ricardo Melgar  
INTA EEA Pergamino  
Año 2005*

Pocas actividades agrícolas pueden llevarse a cabo que tengan la seguridad, y confiabilidad, rusticidad de un cultivo de soja. El maíz, por caso depende fuertemente de la profundidad del suelo y habilidad para captar y almacenar agua, y por supuesto de las precipitaciones. No es que la soja no sufra los efectos de una sequía pero todos concuerdan en que es mucho mas rustica y su arquitectura de floración la hacen zafar de situaciones comprometidas, con rindes aceptables.

Lamentablemente ha cundido el concepto que es un cultivo barato. No es que exactamente siempre se pueda argumentar, que en campo propio, usando la propia semilla, sin fertilizar y con un campo estabilizado en directa con un par de litros de glifosato es posible obtener rindes aceptables en superficies relativamente reducidas. Sin embargo veremos que no esto es sustentable porque se atenta contra la "base" del sistema, literalmente.

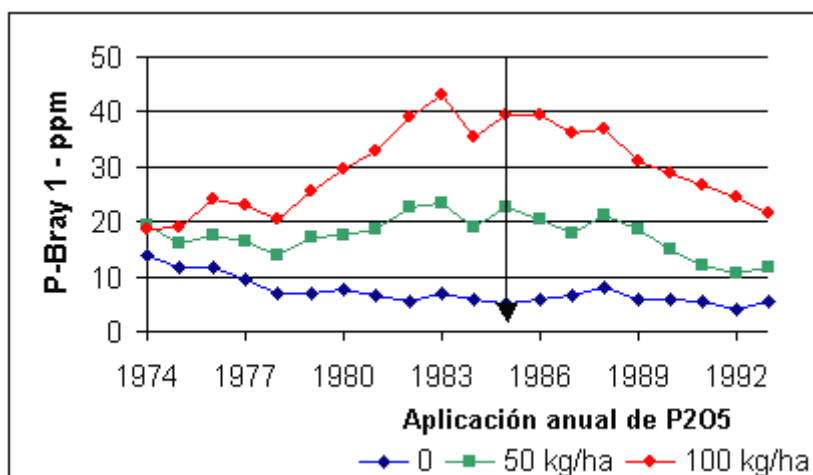
### **La degradación del suelo**

El esquema antedicho conduce a la perdida de la capacidad productiva del suelo, no solo por la ausencia de fertilización sino por el monocultivo, que conduce a una disminución progresiva del carbono del suelo, y la capacidad de retener mejor el agua y los nutrientes.

Para ilustrar la variación de los niveles de P en un suelo con el tiempo hemos elegido un trabajo realizado con dos Molisoles franco arcillosos de Minnessotta. Durante los 20 años que duró la experiencia se cultivó maíz continuo durante 8 años y luego alternadamente soja y maíz; éstos fueron fertilizados durante los primeros doce años con 0, 50 y 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como SFT anualmente al voleo, y luego dejados sin fertilizar por otros ocho años más sin agregar fertilizantes.

Como es de esperar, los niveles aumentaron durante los 12 primeros años desde un nivel inicial de 22 ppm (Bray 1) a razón de 0.4 y 1.9 ppm/año en uno, y 0.7 y 2.5 ppm/año en el otro suelo, éste último mas arenoso, hasta alcanzar 40 ppm. Luego, con el avance del tiempo y la extracción por las sucesivas soja y maíz en el periodo de 8 años sin fertilizar, comenzaron a decrecer los niveles de P. La rapidez de la disminución varió desde 3,3 ppm/año hasta 0,4 ppm/año, según fue el valor inicial de P-Bray. (Figura 1)

Concomitantemente, los rendimientos de soja y de maíz aumentaron con la fertilización en magnitudes variables según el año, el tipo de suelo y la dosis de P (Figura 2). Lo mismo ocurrió con las concentraciones de P en las hojas que se correlacionaron con los niveles en el suelo.



**Figura 1.** Variación de los niveles de P disponible (Bray 1) según 3 niveles de P aplicado anualmente durante 20 años en dos suelos Molisoles cultivados con maíz y soja. Promedio de dos sitios. (Adaptado de Randall et al, 1997).

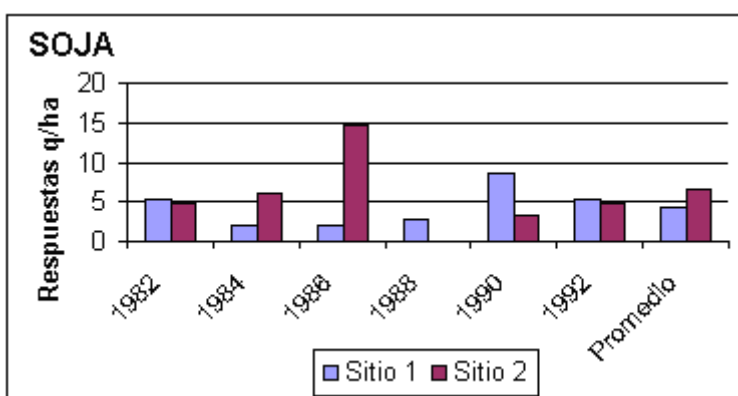
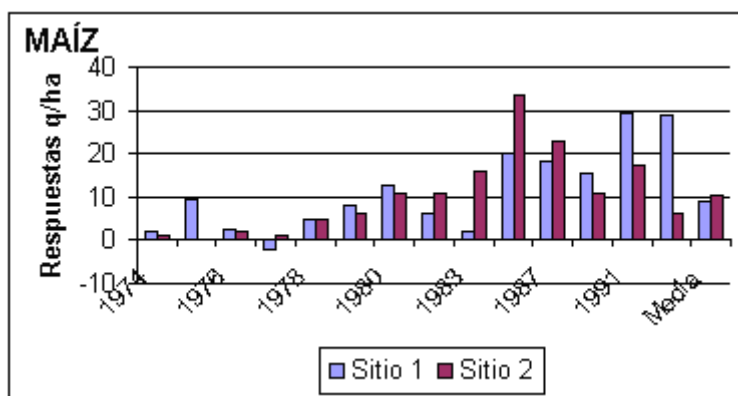
En el estudio, las respuestas comenzaron al quinto año del experimento en los dos sitios; y en 6 y 8 de 12 años respectivamente, hubo respuestas significativas a los 50 kg/ha pero no mucho más con los 100 kg/ha, (Fig. 2). Las respuestas a una aplicación cada 3 años fueron equivalentes a una aplicación anual de 50, demostrando que no hay necesidad de aplicar todos los años cuando los niveles de P en el suelo son adecuados.

Durante el periodo residual de 8 años los rindes de soja y maíz fueron superiores al testigo que no había recibido fertilizantes. Las respuestas a la fertilización fosfatada residual, estuvieron asociadas a los niveles de P en el suelo. Por encima de un valor conocido y coincidente con otros estudios locales: 13 ppm, las respuestas era bajas. En cambio, a medida que éste descendía con los años, las diferencias eran mayores. El retorno económico a la fertilización, fue así altamente dependiente del nivel de P en el suelo, que afectó las respuestas a obtenerse. Este alcanzó un valor acumulado de \$ 1,410 en un sitio y de \$ 1,457 en el otro en los 20 años que duró la experiencia.

### El retorno económico de la fertilización

Como el anterior, innumerables ensayos han determinado una y otra vez que la soja responde a la fertilización, desmitificando el concepto de que éste cultivo solo rinde mejor sobre suelos más fértiles pero no reacciona al agregado de fertilizantes.

En el reciente congreso de AAPRESID (comentado en este número) Ferraris mostró resultados que confirman que en suelos por debajo de cierto valor de análisis, se obtiene incrementos rentables al fósforo. La conclusión no es para nada nueva, ya hay muchos estudios similares pero enfatiza y corrobora una vez más que la soja responde a los fertilizantes, y convierte al fósforo agregado en un insumo cuantificable y con valor que puede cotejarse inmediatamente contra el resultado económico obtenido.



**Figura 2.** Respuesta a la fertilización directa (1974-1981) con 50 kg/ha anuales de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y residual (1982-1993) de maíz (1974-1993) y soja (1982-1992) en dos sitios.

Así en suelos menores a un valor crítico entre 10 y 15 ppm *\_el valor exacto dependerá del contenido de arcilla y rendimiento esperable en la zona\_* la fertilización con una dosis de P resultará en incrementos promedios de 4 q/Ha. En el caso del azufre, la respuesta promedio observada en varios ensayos es de la misma magnitud o incluso mayor. Por lo tanto, a los precios esperados para mayo 2006, este incremento tiene un valor de US\$ 55 descontados los costos de comercialización. Al valor de una fertilización promedio de US\$ 35, resta un beneficio neto de \$20 /ha, un 57 % del valor invertido.

Existen razonablemente dudas, en las llamadas zonas grises de interpretación, es decir cuando el suelo tiene entre 10 y 15 ppm (por asignar un rango), en la que otros cultivos muestran incrementos seguros pero la frecuencia de respuestas en soja es menor. Otros insumos agrícolas tienen para el productor ese mismo significado. Muchas veces se duda en aplicar un fungicida preventivo cuyos efectos son desestimados sin mucha justificación técnica. En estos casos, prima la actitud del productor ante el riesgo. Hay quienes gustan de correrlo y de otros que prefieren asegurar la partida. También juega la expectativa de rindes, si estos son bajos y no pagarán el gasto, se pretende hacer el cultivo lo mas barato posible. En cambio, un suelo productivo, aun cuando tenga valores de P relativamente buenos, sus otros atributos de calidad que garantizan una mejor economía del agua, o mejor ambiente para la fijación de N aumentan la probabilidad de responder a dosis moderadas de fertilización.

Lo que no debe dejarse de lado, es que a largo plazo, este no es un planteo sustentable. Suelos en el rango regular o de mediana probabilidad de respuesta, si no se fertilizan suficientemente, pasarán al rango de suelos pobres en P en un tiempo mas o menos corto. Lo mismo vale para el azufre. Al menos, en esos rangos, la presencia de trigo o maíz en la rotación asegura que si responderán ante esos niveles regulares.

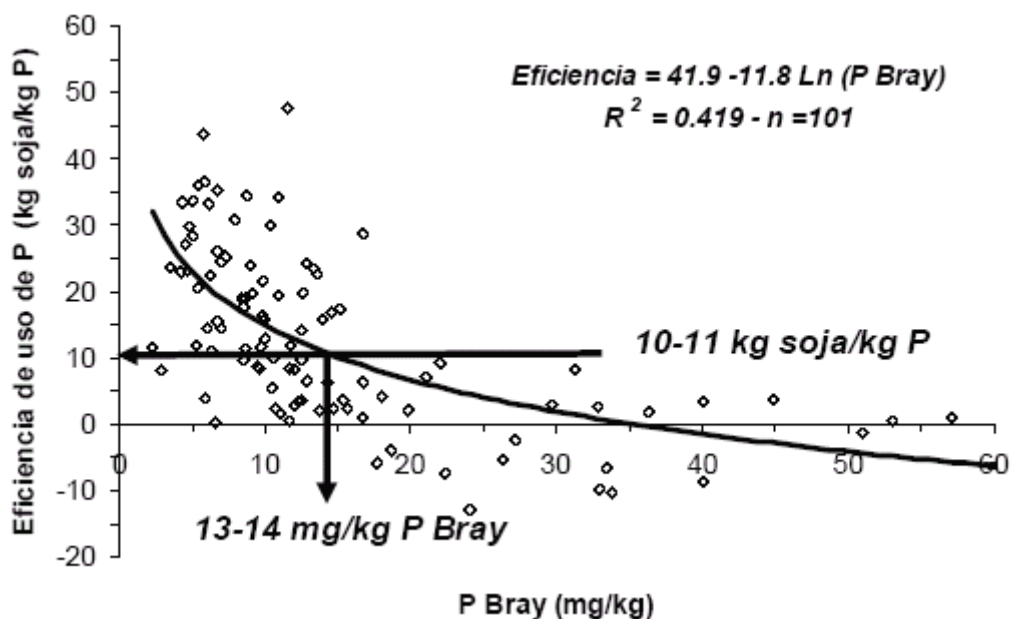
### El valor de la mejor fertilidad

Cómo puede valorarse la fertilidad de un suelo ?, en particular aquel que está sujeto al mercado de arrendamientos, y cómo relacionar su productividad y el valor de los fertilizantes?. Esta es una pregunta que aún merece un debate entre los varios actores del sistema. Todos sabemos que en función del valor de mercado de los fertilizantes, un kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de un fertilizante soluble, cuesta entre US \$ 0,7 y 0.8, ó entre 1,6 y 1,8 por kg de P . El fosfato aplicado al suelo, o dejado de aplicar por extracción por el cultivo modifica el P disponible por Bray 1, según el tipo de suelo, en una relación cercana a los 10 kg de P por ppm de P disponible.

Asumamos que el aumento de rendimiento no está asociado al fósforo aplicado directamente como fertilizante en ese cultivo, sino a "aquel" P que está disponible en el suelo y medido como P-Bray 1, siguiendo así el argumento que la soja responde a la " fertilidad" reconstruida o acumulada en el suelo y no a la del fertilizante.

En la figura 3, el Dr. Fernando García (2005) elaboró una síntesis con información de mas de cien ensayos publicados de distintas fuentes (INTA, Proyecto INTA Fertilizar, FA-UBA, FCA-UNER y CREA Sur de Santa Fe). El grafico indica que a niveles de P disponible inferiores a 13 ppm de P Bray , se obtienen aumentos de rendimientos superiores a 11 kg de soja por kg de P en el suelo. Por el carácter exponencial de la función, cuanto menos es el nivel, mayor es la respuesta. En el ajuste que se realizó en la red de ensayos del proyecto Fertilizar (2002), discriminando los sitios con respuesta, la respuesta fue de 50 kg de soja por kg de P disponible, cuando había menos de 16 ppm en el suelo. García especula que para costos de P de 1.6 U\$/kg y precios de soja de 0.16 U\$/kg, serían rentables respuestas superiores a 10 kg soja/kg P, lo que corresponde a suelos con niveles de P Bray menores de 14 ppm, según la relación de la Fig. 1.

Este puede constituirse en un punto de partida en la negociación de un precio de alquiler. La disputa básica es que normalmente el propietario evita contratos largos para no atarse a una posición determinada, deseando disponer de la libertad de "salir" del negocio cuando el precio pactado no le resulte favorable. En esas condiciones, el arrendatario no desea "invertir" en una fertilización que no va a aprovechar totalmente en una única campaña, aun cuando en muchísimos casos, los contratos se perpetúan año tras año, ajustando el precio del alquiler en cada campaña si fuera el caso. Tampoco el propietario está dispuesto a reconocer el valor de esa fertilización residual como parte del acuerdo de precio. Si bien comienza a ser creciente la inclusión de cláusulas que protejan los derechos del propietario, obligando a "mantener" el valor productivo del bien, reconocemos que no es fácil asignar un valor porque no se dispone de una base técnica consistente para considerar todos los tipos de suelos, además de la variabilidad espacial y temporal que implica la disponibilidad de nutrientes.



**Figura 3.** Eficiencia de uso de fósforo (P) en soja en función del contenido de P Bray en el suelo para 101 ensayos en la Región Pampeana Argentina (1996-2004) (García, 2005).

Como base, y si los valores de arrendamiento se pactan en quintales fijos, el valor de una fertilización estándar de un cultivo de soja, es de aproximadamente dos quintales.

**100 kg/ha SPT = 46 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 20 kg/ha de P = \$ 33/ha,  $\cong$  2 q/ha a \$17/q Mayo 2006**

Más allá que los 20 kg/ha aportados equilibren ajustadamente el P extraído por un rinde de 3 t, dicha fertilización resultará en un valor residual inmediato por la dinámica del P en el suelo, que también recicla y moviliza nutrientes desde el subsuelo para el cultivo. Una dosis mayor a esa fertilización de reposición sin duda aumentará ese valor residual pudiendo según los casos, manejarse, de modo de poder realizarse aplicaciones cada 2 o 3 años con resultados equivalentes.

Si el cultivo en cuestión está sobre un suelo con P disponible mayor al valor crítico, el productor arrendatario no se sentirá motivado a fertilizar la soja, ya que no percibirá un beneficio directo. En cambio, el suelo se empobrecerá en una cantidad equivalente al valor de 2 quintales, perdiendo potencial productivo, aún cuando no se note en el periodo de tiempo que ocupa la parcela. Esa pérdida es aproximadamente equivalente, según el tipo de suelo y nivel inicial de P Bray, a 2 ppm de P, pero por la variabilidad espacial en área y en profundidad es difícil poder evaluarla en un corto plazo.

Difícilmente el arrendatario estará dispuesto a pagar dos quintales de arrendamiento de más sin no fertilizara, pero el propietario tampoco conseguirá fácilmente otro productor que pague esa diferencia ya que el mercado de tierras no es tan perfecto ni tan elástico. Tampoco el propietario reconocerá el valor económico residual de la fertilización, si pensara que, en caso de querer arrendar a otro productor, no pueda demostrarle al nuevo, las ventajas de un suelo fértil. Por el contrario, muchas tierras en áreas nuevas pero marginales son ofrecidas con la consigna que no necesitan fertilizarse.

### **Los contratos de alquiler**

Descontando el hecho que niveles de P en el suelo inferiores al crítico implican un beneficio inmediato para el productor que fertiliza, concentrémonos en las llamadas zonas grises de interpretación, es decir valores regulares y altos de disponibilidad de P. También el hecho que el productor que arrienda, también trabaja su propio lote y lo trata de modo diferente, no solo en cuanto al manejo de nutrientes sino también en sus rotaciones.

La metodología de la corriente neoclásica de la economía utiliza el modelo teórico del mercado de libre competencia, pero la nueva economía institucional amplía este modelo, incluyendo las instituciones que enmarcan los costos de transacción, y pone límites a la racionalidad maximizadora de los individuos. En la llamada nueva economía institucional, el comportamiento oportunista es el origen de los costos de transacción negativos, ya que por la asimetría de la información (uno de las partes sabe menos que la otra. Ej, del vendedor de autos usados), una de las partes intenta apropiarse de la renta de la otra.

Nuestro ejemplo considera una relación vertical entre el proveedor de un insumo (la tierra) y un arrendatario que la utiliza en su propio proceso de producción. Si bien no existe un contrato que contemple todas las situaciones que pueden surgir, cubrir los intereses de la capacidad productiva de la tierra, en especial a mediano o largo plazo, es de interés a las dos partes. La integración de beneficios para la dos partes implica no solo el precio en disputa sino también los resguardos contractuales y lo que pone cada parte en beneficio de la otra. La integración es decisiva en situaciones donde las inversiones específicas de la relación sean grandes, es decir, donde las inversiones hechas por las partes tengan un uso mucho mayor dentro de la relación que fuera de ella. El contrato que implique la posible reducción del margen existente para el comportamiento oportunista será un beneficio de la integración.

Un contrato de arrendamiento habitual implica entonces considerar en una negociación algunos hechos científicos objetivos como los que enunciamos a continuación. Sin que

ello necesariamente implique plazos, sin duda cuanto mas largos mejor para ambos, pero con las salvaguardas necesarias para salir del negocio si no es conveniente para las dos partes:

1. En los suelos con buena disponibilidad de P, puede cultivarse soja sin necesidad de fertilizantes, sin que ésta responda a la fertilización y sin que se vean consecuencias negativas en el corto plazo.
2. El cultivo de soja ( o cualquier otro) sin fertilización conduce a una disminución de la fertilidad y de la capacidad productiva del suelo, y consecuentemente de su valor de renta.
3. El valor de una fertilización promedio es equivalente a 2 quintales de soja, pudiendo variar según los precios.
4. Esta fertilización es la que repone los nutrientes de una producción promedio, y también es la que conserva el potencial productivo del suelo.
5. El valor residual de una fertilización no utilizada puede ser estimable y determinarse su equivalente en moneda o en el bien de referencia: quintales de soja en este caso.

Esta es una aproximación inicial, ya que una gran mayoría de los arrendamientos se pactan en quintales fijos de soja, y la mayor parte de las tierras alquiladas se destinan a soja o a trigo-soja. En estos casos, el manejo de la fertilización en el trigo complica el esquema. Está casi asegurado en zonas no marginales, es decir, el arrendatario fertiliza el trigo, aun cuando no muy generosamente, y la fertilidad residual del P y del S resulta en beneficios para la soja en el corto plazo. En cambio, en regiones marginales el trigo se siembra solo para lograr una cobertura y no se fertiliza; en este caso el balance es doblemente negativo.

Como se comentó, existe una corriente creciente de propietarios que exigen el manejo de la fertilidad de una manera más racional, cuando no la inclusión directa de la fertilización en la soja. Lamentablemente no es fácil "obligar" contractualmente a hacer maíz, el cultivo mas apto para mejorar el balance de carbono, pero con relaciones más desfavorables de precios. En algunos casos, se han publicitado contratos satisfactorios para las partes que implican un plazo más largo, y rentas pactadas en porcentaje de la producción basada en una canasta de cultivos optativos (Caso Los pingüinos-La Redención - Sofro). Pensamos que si bien es mas conveniente plazos largos\_ *implican menores costos de transacción*, es también posible un contrato anual que implique el manejo racional de la fertilidad asignando el valor apropiado al atributo del bien que se alquila.

## Conclusiones

Indudablemente el interés de lograr contratos largos, en definitiva de costo de transacción positivos, interesa no solo a las partes sino a toda la sociedad. Implica además en una gran parte de la región la implementación de sistemas de siembra directa permanente, la inclusión de maíz en rotación para mejorar el balance de carbono y otras "externalidades". Una vez realizadas tales inversiones específicas de la relación, las partes están "atadas" (por lo menos parcialmente), o sea que están a merced de su contraparte y es menor la posibilidad que puedan surgir comportamientos oportunistas. Tal comportamiento podría causar una división del excedente ex post que no refleje apropiadamente las decisiones de inversión ex ante, de modo que tales decisiones se verían distorsionadas.

Al considerarse contractualmente el "valor" de la fertilidad residual, el productor dispone por esta vía argumentos para prolongar su posesión, y elementos para recuperar su "inversión" en fertilizantes si se extinguiera su relación unilateralmente. Dos quintales en concepto de reposición de la fertilidad en el proceso de negociación no es mas que un porcentaje menor del total cuando se consideran tierras en la zona núcleo.

Mas allá de la responsabilidad social, el propietario de la tierra mantiene o aumenta la capacidad productiva de su suelo, cuando se asegura que la fertilización es parte del manejo habitual que su arrendatario realiza. La consecuencia de no tomar en cuenta el descenso seguro de la fertilidad con el tiempo, es que el valor productivo disminuirá y el precio de alquiler también.

---

<sup>1</sup> Randall, G.W.; T.K Iragavarapu y S.D. Evans. 1997. Long Term P and K applications: I. Effect on Soil test incline and decline rates and critical soil test levels. II. Effect on corn and soybean yields and P and K concentrations. J. Prod. Agric. 10 (4):565-571 y 572-580.