

FERTILIDAD DEL SUELO, ALTOS RENDIMIENTOS Y RENTABILIDAD

Terry L. Roberts¹

Introducción

La población mundial alcanzó los 6 billones de personas en Octubre de 1999 y actualmente crece a una tasa de 1.3% anual. A este ritmo, otros 2 billones de personas se agregarán a la población mundial durante los próximos 25 años, la mayoría de ellos en los países en vía de desarrollo. Se estima que la demanda de alimentos en dichos países se duplicará para el año 2025.

Norman Borlaug, Premio Nobel de la Paz, visualiza la cantidad anual de producción necesaria para alimentar al mundo como una autopista hecha de granos de cereal que rodea la tierra en la línea ecuatorial, de un grosor de 2.5 metros y un ancho de 20 metros. Esta autopista debe producirse nuevamente cada año, agregándole cada vez 1050 kilómetros para alimentar a las personas que nacieron ese año.

Es obvio que la demanda alimenticia está creciendo, sin embargo, la disponibilidad de tierra por persona para la producción de alimentos está disminuyendo (Tabla 1). Para el año 2025, la base de tierra per capita dedicada a la producción mundial de alimentos será menos que la mitad de lo que fue en 1965, cuando la población era sólo de 3.3 billones de habitantes.

Todavía existen algunas áreas en el mundo donde se puede expandir la tierra cultivable sin costos ambientales indeseables. Sin embargo, cualquier incremento en la futura producción de alimentos debe provenir básicamente de la tierra que se encuentra ya en uso. Con el continuo aumento en la demanda de alimentos, se podría esperar que la agricultura fuese un negocio floreciente, sin embargo, los agricultores en el mundo están enfrentando condiciones de bajos precios

Tabla 1. Tierra cultivable disponible para la agricultura y la población mundial.

Años	Tierra cultivable (ha/persona)	Población (billones)
1965	0.46	3.3
1980	0.34	4.4
1990	0.30	5.3
2000	0.25	6.1
2025	0.20	7.8

".....Use más y mejor maquinaria, siembre las mejores semillas.....cultive eficientemente y aplique la cantidad y tipo de fertilizante que produzca los rendimientos más altos para reducir el costo por unidad....."

Southern Cultivator, 1870

de sus productos y se encuentran bajo grandes presiones de tipo económico. La pregunta sería: Porqué preocuparse por producir más para alimentar a una población en crecimiento cuando los agricultores reciben tan poco por lo que producen?

Producción y rentabilidad

Recientemente, un titular en un diario agrícola de los EE.UU. decía: "Los buenos rendimientos eliminan la molestia de los bajos precios". El titular enfatizaba el impacto de los bajos precios

de los productos agrícolas en la economía rural. Los costos de los insumos continúan aumentándose mientras que los agricultores reciben precios similares a aquellos de la década del 70. Deberían entonces los agricultores producir menos? Es este enfoque rentable y tiene sentido, incluso a corto plazo?.

La reducción de los costos usando menos insumos (con su consecuente reducción en la producción) no permite que el agricultor obtenga más ganancia. Solamente rendimientos altos dan una mejor oportunidad de ser más rentable. Los rendimientos altos reducen el riesgo al distribuir los costos de producción en un mayor número de unidades producidas. Esto hace que el costo de producción por unidad de producto sea menor. La combinación de altos rendimientos y bajos costos por unidad brindan al agricultor la mejor oportunidad para obtener rentabilidad, aun cuando los precios estén bajos. Por supuesto las ganancias se incrementan cuando los precios son más altos.

Los altos rendimientos de cualquier cultivo no sólo significan mayores ganancias, sino que son también un claro indicativo de que se utilizan prácticas de manejo que promueven la sostenibilidad del sistema y que son amigables con el ambiente. Los altos rendimientos promueven un mayor secuestro de carbono (C), mayor eficiencia del uso de nutrientes y liberan tierra que puede ser utilizada para barreras de retención de sedimentos, áreas de vida silvestre, bosques y recreación.

En 1987, el Dr. J. Fielding Reed, ex Presidente del Instituto de Potasa y el Fósforo (Potash & Phosphate

¹ Potash & Phosphate Institute (PPI) and Potash&Phosphate Institute of Canada (PPIC), Suite 110, 655 Engineering Dr., Norcross, Georgia, 30092-2837, EE.UU.

Institute) hacía la siguiente consideración: "Los rendimientos máximos económicos no provocan y tampoco curan la crisis agrícola mundial. Sin embargo, cualquiera sea la situación del sistema (programa agrícola particular, precio de los productos, mercados de exportación, mercado interno, etc.) el incremento de la eficiencia de la producción deber ser parte de la solución de la crisis. Puede alguien estar en desacuerdo con este concepto?". La cita que se encuentra al comienzo de este artículo, publicada por primera vez hace 130 años, y los conceptos presentados por el Dr. Reed a mediados de 1980, todavía son aplicables en la actualidad y enfatizan el principio básico de que los rendimientos altos y eficientes son rentables.

La rentabilidad agrícola y los altos rendimientos están directamente relacionados. Un estudio de cuatro años conducido por la Asociación de productores de soya de Iowa (Iowa Soybean Association), solicitó a los productores que realicen el seguimiento de los costos de producción, incluyendo los costos de labranza, siembra, herbicidas, fertilizantes, cosecha, costo de la tierra y mercadeo. Los productores se dividieron en cinco grupos, basándose en la rentabilidad general. Con los datos obtenidos se compararon las prácticas de producción del 20% más rentable con aquellas del 20% menos rentable.

Los resultados indicaron que 67% del incremento en ingresos del grupo superior se atribuye a rendimientos más altos. El 21% del aumento en ingresos provino de las reducciones de costos y menos del 15% podría atribuirse a mejor mercadeo (Figura 1). Estudios recientes realizados en Kansas y Minnesota también ubicaron al alto rendimiento como la característica número uno de los agricultores más rentables. Sin dejar de reconocer la importancia del control de costos y las habilidades de mercadeo, la primera fuerza que empuja la rentabilidad de los agricultores es claramente la producción de rendimientos más altos.

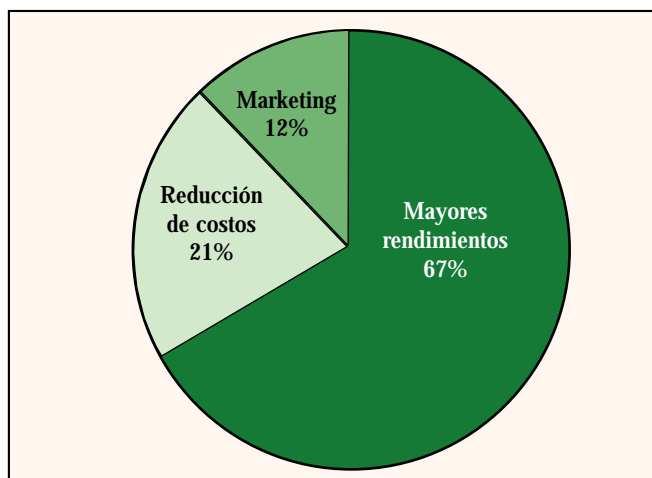


Figura 1. Características de los productores de soya de mayor rentabilidad (promedio de cuatro años).

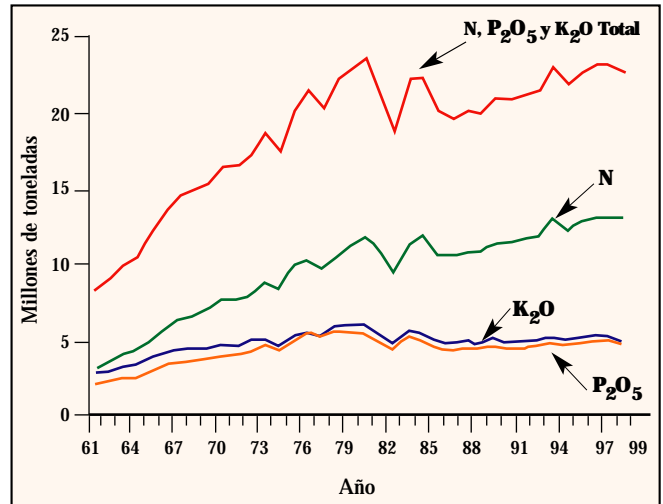


Figura 2. Consumo de N, P₂O₅ y K₂O en América del Norte entre 1961 y 1999.

Uso de fertilizantes y producción de cultivos

El uso de fertilizantes en América del Norte (Estados Unidos y Canadá) se ha expandido apreciablemente en los últimos 50 - 60 años. Durante la década del 40, el consumo total de N, P₂O₅ y K₂O no alcanzaba a 4 millones de toneladas. En la actualidad el consumo sobrepasa los 22 millones de toneladas. El consumo de N se ha incrementado en forma constante desde 1960, pero el uso de P y K alcanzó su punto máximo en los años 80 (Figura 2). Los Estados Unidos alcanzan alrededor del 85% del consumo total de fertilizantes América del Norte.

Las tendencias en el consumo de fertilizantes en América del Norte son similares con las tendencias en el rendimiento de los cultivos. Más del 80% de la tierra cultivable en los Estados Unidos se siembra con maíz, soya y trigo y el 60% de la tierra cultivable en Canadá se siembra con trigo, canola y cebada. Los rendimientos de estos cultivos han aumentado en forma constante en los últimos 40 años (Figura 3), tendencia que coincide con el aumento en el uso de fertilizantes.

La mecanización, hibridación, desarrollo de pesticidas, mejor manejo del suelo y otros avances agronómicos han contribuido al constante incremento en los rendimientos, pero pocos son más importante que los fertilizantes. Se estima que actualmente los fertilizantes contribuyen del 30 al 50% del rendimiento total de los cultivos en América del Norte.

El incremento en el uso de nutrientes fue paralelo al incremento en la producción de granos hasta comienzos de los años 80. Luego el consumo de fertilizantes comenzó a estabilizarse, pero los rendimientos de los cultivos continuaron subiendo, reflejando un incremento en la eficiencia del uso de nutrientes. Dicho incremento se ilustra con los datos de producción de maíz presentados en la Figura 4. Se

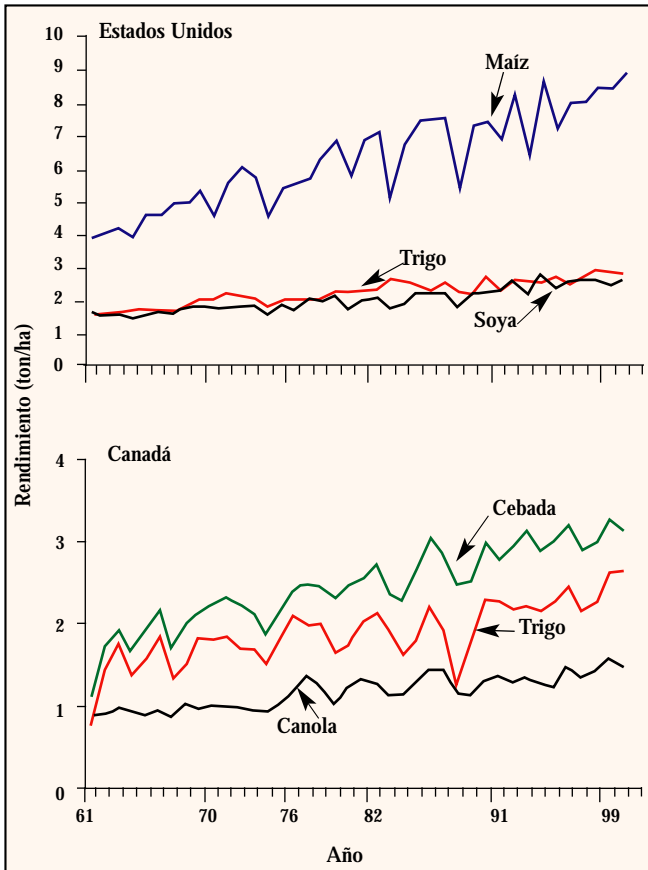


Figura 3. Tendencias del rendimiento de los principales cultivos de Estados Unidos y Canadá entre 1961 y 1999.

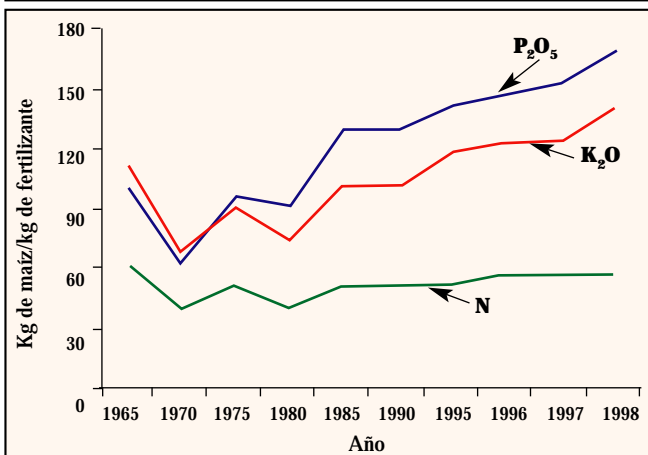


Figura 4. Eficacia del uso de nutrientes en el maíz en los Estados Unidos.

observa que el potasio (K) y el fósforo (P) se utilizan con mayor eficiencia en la actualidad que hace treinta años. En realidad, al comparar los datos de los últimos años con aquellos de mediados de los años 60 se nota que la eficiencia del uso de P ha aumentado más del 50%, mientras que la eficiencia de K ha aumentado al menos un 25%.

A pesar de que se han aplicado cantidades crecientes de fertilizantes minerales para satisfacer las demandas de nutrientes de los cultivos y para reemplazar los nutrientes extraídos del suelo, muchas fincas todavía

necesitan P y K suplementarios. La Figura 5 muestra los resultados de un estudio realizado en 1997 con 1.8 millones de muestras de suelo de laboratorios privados y universitarios de América del Norte. Los resultados indicaron que el 46% de los suelos muestreados presentaban niveles bajos o medios de P, y el 44% niveles bajos o medios de K. Se espera una significativa respuesta a la fertilización de P y K cuando los niveles de disponibilidad en el suelo son bajos o medios.

Datos de otros estudios demuestran que muchos agricultores están extrayendo más nutrientes del suelo de los que se devuelven con la aplicación de fertilizantes. Los balances estatales de nutrientes muestran con frecuencia valores negativos para P y K e incluso para N. En la Tabla 2 se muestra un balance de P de 1982-1996 de Illinois. En años recientes, la extracción de P ha excedido a la aplicación en un 17%.

Cuánto tiempo pueden los agricultores soportar una constante extracción de P, K (y otros nutrientes) del suelo y todavía obtener rendimientos altos y rentables? La respuesta es variable, pero para la mayoría de los casos es, "no por mucho tiempo".

Los rendimientos altos y rentables también dependen del balance adecuado de nutrientes. Es crítico determinar el requerimiento total de nutrientes del cultivo cuando se planifica un sistema de producción para con esta información definir un plan de manejo

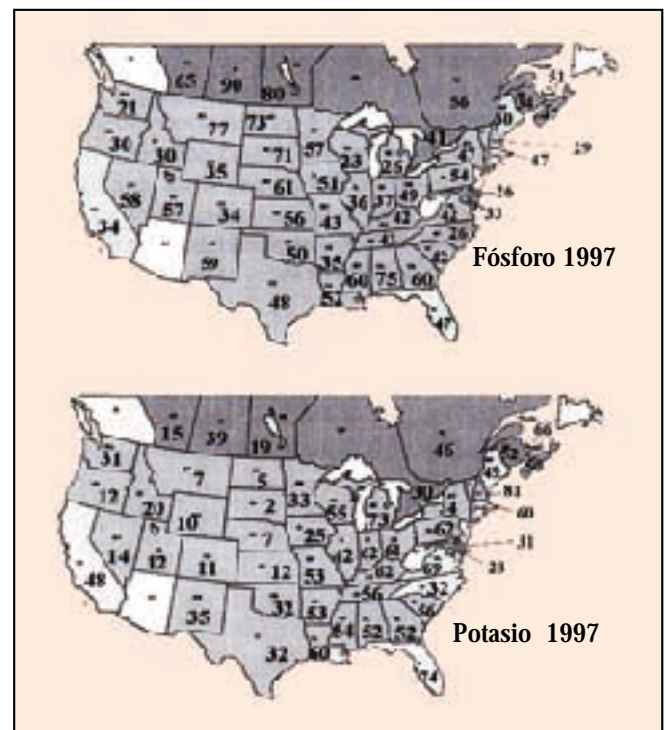


Figura 5. Resultados de un estudio conducido en 1997 con muestras de suelo de laboratorios privados y universitarios de América del Norte que indican el porcentaje de muestras con valores bajos o medios de P y K.

Tabla 2. Balances de P para Illinois, 1982-1996 (R. Hoelt, University of Illinois).

Años	Extracción		Ingresos			Extracción /Ingresos
	Cultivos	Animales*	Fertilizante	Aporte animal	Aporte humano	
Miles de toneladas						
1982-1986	469	7	423	102	14	88
1987-1991	452	7	349	96	14	100
1992-1996	521	7	346	92	14	117

* Carne, huevos, leche.

que cubra estos requisitos. Por ejemplo, el manejo de nitrógeno (N) no depende solamente de satisfacer los requerimientos de N del cultivo, sino que también se deben considerar su relación con otros nutrientes y prácticas de manejo.

La Figura 6 muestra que el contenido de K del suelo tiene un impacto significativo sobre el potencial de rendimiento de maíz, así como en la eficiencia del uso del N. Cuando el análisis del suelo indicó contenidos bajos de K (180 y 224 kg K/ha), se necesitaron 360 kg N/ha para producir los mejores rendimientos. Cuando el contenido de K en el suelo fue alto, se necesitaron 180 kg N/ha para obtener los mejores rendimientos, los mismos que eran considerablemente más altos que aquellos obtenidos con 360 kg N/ha, pero con bajo nivel de K en el suelo. Se pueden mostrar relaciones similares con las interacciones con otros nutrientes. Con frecuencia, la sinergia producida por las interacciones positivas entre nutrientes esenciales hace que los rendimientos sean más altos que cuando los nutrientes se aplican por separado.

La Tabla 3 presenta otro ejemplo de fertilización balanceada y el impacto a largo plazo de esta forma de manejo sobre el rendimiento de los cultivos. Este estudio, conducido en Maryland durante diez años,

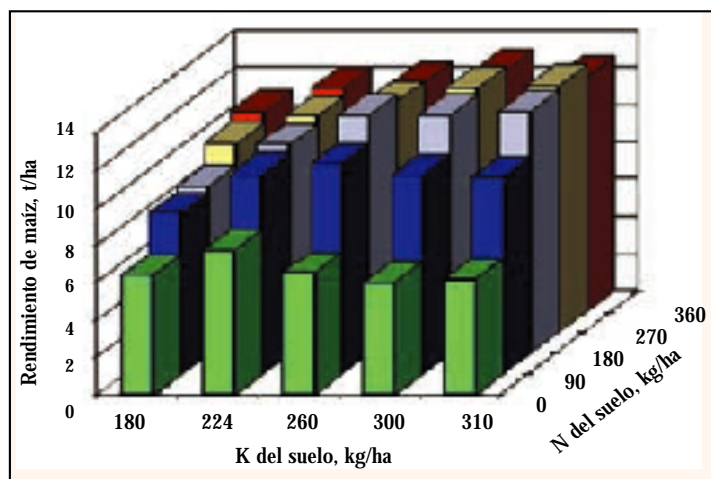


Figura 6. Efecto de la interacción entre el contenido de K en el suelo y el N aplicado en el incremento de los rendimientos de maíz (Ohio, 1992-1995).

compara las tendencias de los rendimientos de maíz cuando se aplica solo N, con aquellos rendimientos obtenidos cuando se aplica P y K junto con N. Para el décimo año, la diferencia de rendimiento fue de 6.6 t/ha. Durante todo ese período, el maíz producido con un balance NPK tuvo un promedio de 9.6 t/ha, con una producción total de 96 t/ha, en comparación con el rendimiento promedio de 4.6 t/ha y una producción total de 46.1 t/ha para el maíz producido solamente con N. El balance NPK produjo 53.3 kg de grano por kg de N aplicado, mientras que cuando se aplicó solo N se produjeron 25.6 kg de grano por kg de N, menos de la mitad de la eficiencia obtenida con la nutrición balanceada.

Si bien la fertilización balanceada es importante, ésta no es suficiente a menos que se apliquen niveles de nutrientes adecuados para sostener el potencial de rendimiento. Es muy fácil para un agricultor perder 0.5, 1.0, 1.5 o más toneladas por hectárea, sin siquiera saberlo, disminuyendo el uso de fertilizantes debido a los bajos precios de los productos o a otros problemas económicos.

Potencial actual de rendimiento

Actualmente, los cultivos poseen un mayor potencial para producir rendimientos mucho más altos que lo que normalmente obtienen la mayoría de los agricultores. La Tabla 4 resume los rendimientos récord verificados de varios cultivos y los rendimientos posibles con el material genético actual. Se puede observar la enorme brecha entre estos rendimientos y los que normalmente se obtienen en las fincas.

Se argumenta que estas producciones record son sólo eventos afortunados en sitios que tuvieron toda la lluvia necesaria que sus vecinos perdieron, o que tienen suelos especiales que no existen en ningún otro lugar. Sin embargo, son los mismos agricultores los que establecen y luego rompen los récord y los suelos donde trabajan son los mismos tipos de suelos dominantes del área. Un buen ejemplo es Francis

Tabla 3. Resultados de diez años de fertilización con NPK y solamente con N en el rendimiento maíz de secano en Maryland, Estados Unidos.

N - P ₂ O ₅ - K ₂ O kg/ha/año	Años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rendimiento, t/ha										
180-180-180	9.5	9.4	10.0	9.6	8.4	10.0	7.7	12.0	11.5	7.9
180-0-0	9.2	8.8	7.3	5.0	6.6	2.3	0.8	3.3	1.4	1.3
Diferencia	0.3	0.6	2.7	4.0	1.8	7.7	6.9	8.7	10.1	6.6
Rendimiento acumulado en cada año, t/ha										
180-180-180	9.5	18.9	28.9	38.6	47.0	57.0	64.7	76.7	88.2	96.0
180-0-0	9.2	18.0	25.3	30.3	36.9	39.2	40.0	43.3	44.7	46.1

Tabla 4. Rendimientos récord de cultivos en Norte América.

Cultivo	Año	Localidad	Rendimiento (t/ha)	
			Record ¹	Promedio ²
Alfalfa	1982	Arizona	54.0	18.1
Cebada, primavera	1990	Alberta	10.2	2.8
Canola, primavera	1999	Alberta	3.9	1.3
Maíz	1999	Iowa	24.7	8.8
Soja	1983	New Jersey	7.9	2.2
Trigo, invierno	1988	British Columbia	13.8	---

¹ Información correspondiente a estos récord aparecen en el sitio de internet www.ppi-ppic.org, buscar por Better Crops with Plant Food, 84 (2000, No. 1).

² Rendimiento promedio a nivel de estado o provincia, 1996-1998.

Childs, poseedor del récord mundial de rendimiento de maíz con 24.9 t/ha en 1999. Esta persona ha ganado el concurso nacional de rendimiento de maíz no irrigado durante los últimos cuatro años y lo ha hecho en un área que abarca el 51% de los suelos en su finca. El primer puesto del año 2000 lo obtuvo con un rendimiento de 22.4 t/ha, casi 2.5 toneladas por debajo del registro que estableció en 1999. Su rendimiento ganador más bajo ha sido 20.8 t/ha. Cómo lo logró? Cómo un agricultor obtiene rendimientos altos en una forma consistente año tras año?. De seguro con un cuidadoso manejo donde la nutrición del cultivo juega un papel preponderante.

Existe una diferencia obvia entre los rendimientos récord y los normalmente producidos en las fincas. El estrechar esta brecha permite una mayor oportunidad para que los productores mantengan una actividad rentable, una fuente potencial de alimento para los 2500 millones de personas que se espera pueblen el mundo para la mitad de este siglo y finalmente es una fuente de alivio ambiental a través del incremento en secuestro de C, mayor eficiencia de uso de nutrientes y la liberación de tierra para refugios de vida silvestre, bosques tropicales y recreación.

La elevación y el mantenimiento de la fertilidad del suelo y el suministro balanceado de nutrientes son aspectos críticos para la obtención de rendimientos altos y rentables. Los suelos de alta fertilidad siempre entregan rendimientos mayores que los de baja fertilidad, en las mismas condiciones de crecimiento. Los suelos altamente fértiles sacan gran ventaja de las buenas condiciones de crecimiento, cuando la temperatura y la lluvia son ideales y la presión de enfermedades e insectos es mínima, para maximizar el rendimiento.

La Tabla 5 muestra datos de un estudio realizado en Minnesota que evalúa el efecto de la aplicación de fertilizante fosforado de arranque en una rotación maíz/soya bajo diferentes sistemas de labranza en sitios con alto y bajo contenido de P. El sitio con alto contenido de P (19 ppm por Bray P-1) había logrado esta condición debido a la fertilización anterior con P en una rotación maíz-maíz-maíz-soya. El sitio con bajo P (3-4 ppm Bray P-1) había tenido maíz permanentemente y nunca había recibido aplicaciones de P durante 15 años.

Como se esperaba, el P de arranque tuvo poco efecto sobre los rendimientos cuando el contenido de P del suelo era alto, pero obtuvo una buena respuesta cuando el P en el suelo era bajo. Cuando el contenido de P en el suelo era bajo, la aplicación de P de arranque aumentó el rendimiento del maíz de siembra directa en 38% y la soya en siembra directa en 26%. Bajo la siembra convencional, el rendimiento de maíz como el de soya se incrementó en un 50%. Sin embargo, más importante que la respuesta a la aplicación de P de arranque fueron las diferencias de rendimiento entre los suelos con alto y bajo P. En siembra directa, cuando no se aplicó P, los suelos de alto contenido de P produjeron 3.6 t/ha de maíz y 1.1 t/ha de soya sobre los rendimientos de los suelos con bajo contenido de P. Las diferencias fueron aún mayores en el sistema de siembra convencional. Los suelos altamente fértiles serán siempre más productivos que los suelos con baja fertilidad.

Conclusión

El desafío de alimentar a la población mundial es grande y recae en todos los productores del planeta. Los agricultores deben ser capaces de producir a bajo costo para mantener una adecuada competitividad y rentabilidad. No se puede producir un suministro abundante de alimentos y cumplir con las demandas de la sociedad sobre protección del ambiente a menos que el sistema sea rentable. Es necesario entonces incrementar los rendimientos, hacerlo de la forma más rentable, reduciendo los costos de producción por unidad de área... mejorando al mismo tiempo la protección del ambiente. El elevar y mantener la fertilidad del suelo, el mantener balance nutricional, el aprovechar los mejores materiales genéticos y el emplear buenas prácticas de manejo agronómico son factores que aseguran que la rentabilidad se maximice.

Tabla 5. Impacto del nivel de P del suelo en el rendimientos de soya y maíz (promedio de tres años, 1997-2000).

	----- Maíz, t/ha -----			----- Soya, t/ha -----		
	Alto P	Bajo P	Diferencia	Alto P	Bajo P	Diferencia
Siembra directa						
Sin P	10.0	6.4	3.6	3.6	2.5	1.1
P de arranque*	10.0	8.8	1.1	3.6	3.1	0.5
Labranza convencional						
Sin P	10.7	6.5	4.3	3.8	2.3	1.5
P de arranque	10.8	9.7	1.1	3.9	3.4	0.4

*Dosis de P de arranque: 45 kg P₂O₅/ha y 55 kg P₂O₅/ha, para suelos de P alto y P bajo respectivamente.