

## CONTENIDO

### Página

Alimentos para el futuro - El Rol del Instituto de la Potasa y el Fósforo en el manejo adecuado de nutrientes.	1
Aplicación de P en el riego por goteo	5
Interacciones nitrógeno-potasio en maíz	6
Fertilización foliar en arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.)	11
Lixiviación del N, un tema de actualidad	14
Exportación de nutrientes de una granja orgánica	14
Reporte de Investigación reciente	15
Cursos y Simposios	17
Publicaciones de INPOFOS	18

Editor Dr. José Espinosa

## ALIMENTOS PARA EL FUTURO - EL ROL DEL INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO EN EL MANEJO ADECUADO DE NUTRIENTES

*La sostenibilidad es actualmente uno de los aspectos de mayor discusión en agricultura. Uno de los papeles del Instituto de la Potasa y el Fósforo es demostrar que el manejo de nutrientes, incluyendo el fósforo (P) y el potasio (K) suplido por los fertilizantes minerales, es un componente básico de la sostenibilidad.*

Existen personas que definen la sostenibilidad como el simple hecho de mantener los rendimientos, en los niveles de producción actuales, por tiempo indefinido. Una definición aun más restringida acepta a la sostenibilidad como el hecho de mantener indefinidamente los rendimientos, aun cuando estos niveles de rendimiento sean más bajos que los niveles de producción actuales. Esta definición simplemente considera que sostenibilidad y el menor uso de insumos (incluyendo los fertilizantes) son conceptos iguales. El Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) está de acuerdo con aquellas personas que creen que la verdadera sostenibilidad debe incluir la idea de incrementar los rendimientos para satisfacer las necesidades crecientes de alimentos, fibras y energía de una población global en continuo crecimiento.

\* Artículo escrito por el Dr. David Dibb, Presidente del Instituto de la Potasa y el Fósforo. Norcross, GA. USA.



El hecho de que un segmento significativo de la población mundial no recibe actualmente una dieta adecuada debe ser parte de la ecuación que define la sostenibilidad. Existen literalmente cientos de millones de personas, más del 20% de la población mundial según diversas estimaciones, que podrían mejorar sus dietas sobre el nivel mínimo requerido, si se les presentara la oportunidad.

## Crecimiento poblacional

La población debe ser una de las principales consideraciones de la sostenibilidad. Proyecciones recientes indican que la población mundial será superior a 6 billones de personas en el año 2000 y 8.3 billones en el año 2025 (Tabla 1). Otros estiman que la población mundial se estabilizará en 10 billones en el año 2100.

**Tabla 1. Tendencias estimadas del crecimiento de la población mundial y su efecto sobre la superficie de tierra arable por persona.**

Año	Población (millones)	Tierra arable (millones de has)	has/persona
1965	3027	1380	0.46
1980	4450	1500	0.34
1990	5100	1510	0.30
2000	6200	1540	0.25
2025	8300	1650	0.20

Para ubicar el crecimiento poblacional en una perspectiva más clara con respecto a la sostenibilidad agrícola, se puede indicar que en los siguientes 10 años se requerirán producir alimentos para alrededor de 100 millones de personas más por año, solamente para mantener los estándares actuales. Esto equivale a añadir anualmente a la población mundial cuatro veces la población de Canadá. Quizá es más impresionante el pensar que mañana por la mañana existirán aproximadamente 250 000 bocas adicionales que alimentar.

Uno de los principales problemas relacionados con el incremento de la población es el hecho de que alrededor del 90% de este incremento ocurrirá en los países en desarrollo, donde ya existe un déficit de alimentos. La considerable deuda externa de muchos de estos países impide la compra de los alimentos necesarios y es el mayor obstáculo para desarrollar la infraestructura necesaria para promover la agricultura local.

## Crecimiento del consumo de alimentos

Los datos de la Tabla 2 indican que la producción global de alimentos en 1990 fue de 4.6 billones de toneladas. Más del 90% de la dieta humana fueron productos vegetales. Si el consumo per cápita se mantiene constante, los 8.3 billones de habitantes del año 2025 requerirán una producción adicional de alimentos de 2.6 billones de toneladas, un incremento de casi el 60%. Si se considera que más de un billón de personas tienen dietas marginales, el mejorar esas dietas a niveles adecuados requeriría un incremento de 100% en la producción, elevándola a 9 billones de toneladas, lo que significa un crecimiento continuo de 2 a 2.5% anual.

**Tabla 2. Producción mundial de alimentos, 1990.**

	--- Producción total ---	Proteína seca <sup>1</sup>	Proteína seca <sup>1</sup>	Incremento 1980-1990 <sup>2</sup>
	comestible <sup>1</sup>			
	Producción en millones de ton			%
Cereales	1970	1640	165	20
Raíces y tubérculos	575	154	10	5
Leguminosas y aceiteras	300	204	68	29
Caña y rem. azucarera <sup>3</sup>	125	125	0	20
Hortalizas	450	53	5	26
Frutas	345	47	2	17
Productos animales	850	168	74	24
Total alimentos	4615	2390	397	20

1. A cero contenido de humedad, excluyendo las cortezas comestibles.

2. Se utilizaron los promedios de 1979-1981 y 1989-1991 para calcular el incremento porcentual de 1980 a 1990.

3. Solamente el contenido de azúcar

Fuente: FAO Production Yearbook, 1990.

## Incrementos de Rendimiento: El Reto

Estimaciones de la FAO indican que solamente se podrá cubrir el 24% de las necesidades futuras de alimentos con el solo hecho de incluir nuevas tierras a la producción agrícola. El restante 76% deberá ser satisfecho incrementando los rendimientos de los cultivos en las tierras que se encuentran actualmente en producción.

Teniendo en cuenta un incremento modesto en la superficie de tierra arable, en el año 2025 el área culti-



vable por persona se reducirá en alrededor de un tercio, bajando a 0.20 hectáreas por individuo (ver Tabla 1). En China, el promedio en 1993 fue de 0.09 hectáreas por persona. Esto significa que el promedio de rendimiento por hectárea debe incrementarse por lo menos en 65% para poder satisfacer las necesidades proyectadas de alimentos. Aun cuando esto parece un tarea abrumadora, existen razones para estar convencidos de que estos incrementos se pueden lograr.

Una de estas razones es que los rendimientos promedio de los cultivos son muy bajos en relación con los niveles de rendimiento que se han obtenido en experimentos de alto rendimiento alrededor del mundo, en países desarrollados y en países en vías de desarrollo, como se demuestra en la Tabla 3. Otra de las razones es que donde se ha aplicado tecnología los incrementos han sido mayores a las necesidades proyectadas.

**Tabla 3. Comparación entre los rendimientos promedios más altos en los Estados Unidos y los récords mundiales de rendimientos en varios cultivos.**

Cultivo	Promedio más alto de los EE.UU. (año) <sup>1</sup>	Promedio países en desarrollo <sup>2</sup>	Récord mundial documentado <sup>3</sup>
----- ton/ha -----			
Maíz	8.4 (1994)	1.3	21.3
Soya	2.7 (1994)	1.3	7.9
Trigo	2.7 (1990)	1.6	14.5
Sorgo	4.1 (1992)	0.9	21.5
Papas	36.6 (1993)	9.1	94.2

1. Datos de USDA;

2. Wortman y Cummings;

3. Investigación de INPOFOS

## Incrementos de Rendimiento: El Proceso

Varias décadas de investigación agrícola han contribuido a consolidar los rendimientos de cultivos posibles hoy en día. Debido a que la agricultura es un sistema dinámico, la investigación continua que permita mejorar los rendimientos debe ser un objetivo de primera prioridad. Mucha de la tecnología utilizada para incrementar los rendimientos en dos o tres veces en China, EE.UU., India y otros países, se desarrolló hace 10, 20 o 30 años.

Una tendencia preocupante, sin embargo, es el hecho de que la inversión en investigación agrícola está reduciéndose dramáticamente. Los departamentos de

agricultura de los EE.UU. están siendo disueltos, los centros internacionales de investigación están perdiendo financiamiento y los países desarrollados están reduciendo la ayuda tecnológica en agricultura a los países en desarrollo. Toda esta reducción está ocurriendo en un momento en que la inversión en investigación agrícola es crítica para levantar la infraestructura científica indispensable para lograr los incrementos en rendimiento que serán necesarios en 20 o 30 años.

Aun la FAO, institución que es considerada como la promotora de la producción de alimentos en el mundo, se encuentra sujeta a considerable presión para que cambie su énfasis en producción de alimentos problemas ambientales. Esta es realmente una situación que entristece porque el principal problema ambiental en la mayoría de los países en vías de desarrollo, donde la FAO tiene su influencia, es precisamente la degradación ambiental y el sufrimiento humano como consecuencia del poco uso o el uso desbalanceado de fertilizantes y no de la aplicación excesiva.

## Nutrientes: Suplemento y Balance

Un factor que está estrecha y directamente relacionado con los incrementos en rendimiento y la producción total es el suplemento de nutrientes. La fuente de nutrientes, ya sea orgánica o inorgánica, no es la principal preocupación cuando se trata de suplir estos nutrientes tan necesarios. Ambos casos constituyen simplemente la transferencia de nutrientes de un lugar a otro, a un lugar donde es más conveniente su uso en cultivos en crecimiento. La principal preocupación es la disponibilidad de nutrientes. Cuando están disponibles, ambas fuentes deben utilizarse conjuntamente ya que es necesario utilizar más nutrientes para incrementar la producción.

El agotamiento de nutrientes del suelo es uno de los factores claves que influencia la productividad presente y futura, especialmente en Africa, América Latina y partes de Asia. Resultados de investigación en sistemas de producción de bajos insumos en la Amazonía Peruana demostraron que suelos utilizados después de la tumba y quema y que fueron inicialmente productivos, rápidamente agotan los nutrientes y en solamente tres años estos suelos perdieron su productividad, debido a que no existe el adecuado reemplazo de los nutrientes utilizados.

Aun cuando es claro que el incremento en producción requiere de una mayor disponibilidad de nutrientes, es también importante el entender que el balance de nutrientes es también fundamental para sostener la producción. Esto es verdad por varias razones. En primer



**Tabla 4. Incrementos en el rendimiento de diversos cultivos con fertilización balanceada.**

Cultivo	Riego	Número de experimentos	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O kg/ha	Porcentaje de respuesta a:		
				N	NP	NPK
Arroz	Sin	380	120-60-40	49	74	99
Arroz	Con	9634	120-60-60	27	51	56
Trigo	Con	10133	120-60-60	59	95	114
Maíz	Sin	53	90-60-60	85	107	129
Garbanzo	Sin	1325	20-40-20	36	59	77

**Tabla 5. Comparación del balance de nutrientes, las dosis de aplicación y los promedios de rendimiento de cereales en India y China.**

País	Año	Relación	Cantidad de	Rend. de
		entre nu- trientes N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	nutrientes, kg/ha N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	cereales, ton/ha
India	1991	5.9:2.4:1		
India	1993	9.8:3:1	66.4	1.9
China	1991	10:3:1		
China	1993	8.4:2.6:1	196	4.2

lugar, cada incremento adicional en rendimiento es más difícil de lograr y por esta razón se requiere mayor precisión en el manejo. De igual manera los factores económicos y ambientales son también importantes componentes de la sostenibilidad. El balance de nutrientes afecta dramáticamente estos factores.

La aplicación de cantidades correctas de nutrientes y el adecuado balance son aspectos críticos del manejo de nutrientes y la sostenibilidad. El desbalance permite el agotamiento de los nutrientes más deficientes en el suelo. Una vez que se ha llegado a cierto nivel crítico del nutriente o nutrientes deficientes, los rendimientos caen dramáticamente aun cuando se hayan aplicado cantidades altas de otros nutrientes. Investigación conducida en India por varios años en diversos cultivos (Tabla 4) ilustra la importancia de la fertilización balanceada en el incremento de los rendimientos de los cultivos.

Es importante el hacer notar nuevamente que para asegurar producción sostenida es importante el mantener el balance con adecuadas cantidades de nutrientes. La relación de nutrientes aplicados en India puede estar más cerca del balance que las relaciones utilizadas en China. Sin embargo, las cantidades aplicadas en India son tan bajas que el desgaste de nutrientes, la degradación del suelo y la falta de alimentos son problemas más graves este país que en China. Los pro-

medios de rendimientos son más bajos en India como se observa en la Tabla 5. Sea en India, China, Canadá o EE.UU., en cualquier sitio donde el incrementar rendimientos sea una necesidad, la única forma de lograr mantener balance de nutrientes y altos rendimientos sostenidos es a través del uso de fertilizantes comerciales.

### Balance de Nutrientes: Mas allá de NPK

La discusión de balance de nutrientes a menudo se restringe a nitrógeno (N), P y K debido a que estos nutrientes son los más necesarios en la producción de cultivos. Generalmente estos nutrientes son los más limitantes y requieren más atención. El balance, sin embargo, va más allá de NPK. Por ejemplo, un estudio reciente conducido en China demostró que el 22% de los suelos son deficientes en azufre (S) y el 13% en magnesio (Mg). Sin duda, el balance de nutrientes es más que NPK y no se podrá lograr sin el adecuados suministro de fertilizantes comerciales.

### Resumen

El balance de nutrientes es un componente básico para alcanzar los objetivos de agricultura sostenible... incremento en la producción de alimentos y fibras, rentabilidad, eficiencia en el uso de insumos y una apropiada preocupación por el ambiente... Es crítico que el balance de nutrientes, incluyendo la rápida disponibilidad de los fertilizantes necesarios, comerciales sea un objetivo antes que una víctima de las decisiones políticas.

El papel de INPOFOS es asegurar que el P y K sean reconocidos como parte y no aparte de la sostenibilidad agrícola y que se los maneje en balance con otros nutrientes e insumos agrícolas.■