

INFORMACIONES AGRONOMICAS

TRAS MUCHOS AÑOS DE FRUCTIFERA LABOR EL DR. DAVID DIBB SE RETIRA DEL INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO



El Dr. David W. Dibb se retiró del Instituto de la Potasa y el Fósforo (PPI) el 1 de Enero del 2006, luego de 30 años de una fructífera carrera profesional en el Instituto, 17 de ellos como Presidente.

El Dr. Dibb se graduó de Ing. Agrónomo en la Universidad Brigham Young en 1970 y obtuvo su Ph.D. en la Universidad de Illinois en 1974. En 1975 inició su gestión en el Instituto como Director Regional de la oficina del Centro Sur de los Estados Unidos con sede en Columbia, Missouri. En 1982 fue trasladado a la oficina principal en Atlanta, Georgia como Director Regional de la oficina del Sur Este de los Estados Unidos y como Coordinador de los programas de América Latina. En 1985 fue

nombrado Vicepresidente y Coordinador de las oficinas regionales del Instituto en los Estados Unidos con sede en West Lafayette, Indiana. En 1989 fue nominado Presidente del Instituto, posición en la cual permaneció hasta su retiro.

Bajo su liderazgo, el Instituto ha mantenido su crítico papel en investigación en fertilidad de suelos y nutrición de plantas para desarrollar nueva tecnología útil para la agricultura de producción en el mundo. Durante la Presidencia del Dr. Dibb se establecieron los programas regionales México, Norte de América Latina, Cono Sur de América Latina e India y se fortalecieron los programas regionales de China y del Sur Este Asiático.

El Dr. Dibb es un prolífero autor y conferencista. Se ha presentado en alrededor de 500 seminarios, simposios y conferencias científicas en todo el mundo. En los últimos años ha presentado conferencias en diferentes aspectos relacionado con la agricultura. Algunos ejemplos son: ambiente y fertilizantes en Yugoslavia, manejo de fertilizantes en Moroco, agricultura basada en ciencia en Brasil, investigación para rendimiento máximo en Japón, agricultura sostenible en Nueva Zelanda, economía del uso de fertilizantes en China, balance de nutrientes y agricultura sostenible en las Filipinas y manejo por sitio específico en Sur Africa. Su labor profesional ha sido reconocida por diferentes instituciones en el mundo. Es miembro honorario de la Sociedad Americana de Agronomía, Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo y de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia.

El Dr. Dibb ha sido un amigo de América Latina desde sus inicios como Coordinador de Programas de la región hasta sus años como Presidente del Instituto. Prueba de ello es su perfecta forma de hablar español. Su liderazgo, calidad humana y ética moral y profesional son altamente valorados por todos aquellos que hemos tenido la oportunidad de trabajar e interactuar con él. ♦

Enero 2006 • N° 60

CONTENIDO

Pág.

Tras muchos años de fructífera labor el Dr. David Dibb se retira del PPI1

De la cantidad a la calidad: La importancia de los fertilizantes en la alimentación humana2

Manejo por sitio específico del cacao basado en Sistemas de Información Geográfica10

Reporte de Investigación Reciente14

- Efecto de la compactación del suelo y fertilización en la producción de soya

- Efecto de la fertilización nitrogenada en la absorción de fósforo inorgánico en la zona radicular de trigo

Cursos y Simposios15

Publicaciones de INPOFOS16

Editor: Dr. José Espinosa

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor.



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA

DE LA CANTIDAD A LA CALIDAD: LA IMPORTANCIA DE LOS FERTILIZANTES EN LA ALIMENTACION HUMANA¹

David W. Dibb¹, Terry L. Roberts¹ y R. M. Welch²

El hambre en el mundo y la demanda agrícola

La desnutrición crónica está ampliamente distribuida en el mundo en desarrollo, y es una expresión del problema del hambre en el mundo. De acuerdo con las Naciones Unidas, 852 millones de personas, el 13% de la población mundial, sufrió desnutrición en el periodo 2000-2002, 96% del total de casos se presentaron en los países en desarrollo (FAO, 2004). Si bien el número de desnutridos en los países en desarrollo descendió en aproximadamente 9 millones desde 1990-1992, la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996 se fijó el objetivo de reducir el número de desnutridos a la mitad entre 1990 y 2015.

Además del desafío de reducir el hambre, se espera un incremento del 28% en la población mundial en los próximos 25 años, pasando de 6.8 billones a 8.3 billones y con este crecimiento se incrementará también la demanda de productos agrícolas. La **Tabla 1** resume las proyecciones del crecimiento de la población y otros indicadores de la anticipada demanda agrícola.

La producción de cereales ha intentado mantenerse a la par del incremento lineal del consumo y, aunque con algunas variaciones, ha aumentado sostenidamente. Por primera vez en casi una década, se pronostica que la producción de cereales 2004/05 superará al consumo en al menos 2% (**Figura 1**).

La producción global de cereales está estrechamente relacionada con el consumo de fertilizantes (**Figura**

2). El consumo de fertilizantes creció cerca del 12% en los últimos 5 años, comparado con el 11% del crecimiento de los cereales. La producción de cereales y el consumo de fertilizantes se incrementan con condiciones climáticas favorables, precios altos de las mercancías y otros factores económicos y políticos.

El incremento actual y futuro de la producción de cereales no sería posible sin fertilizantes comerciales. Una revisión reciente de estudios a largo plazo en EE.UU., Inglaterra y Latinoamérica indica que, al menos, 30-50% del rendimiento es atribuible al uso de fertilizantes (Stewart et al., 2005). La revisión incluye 362 ciclos de cultivo y muestra que la

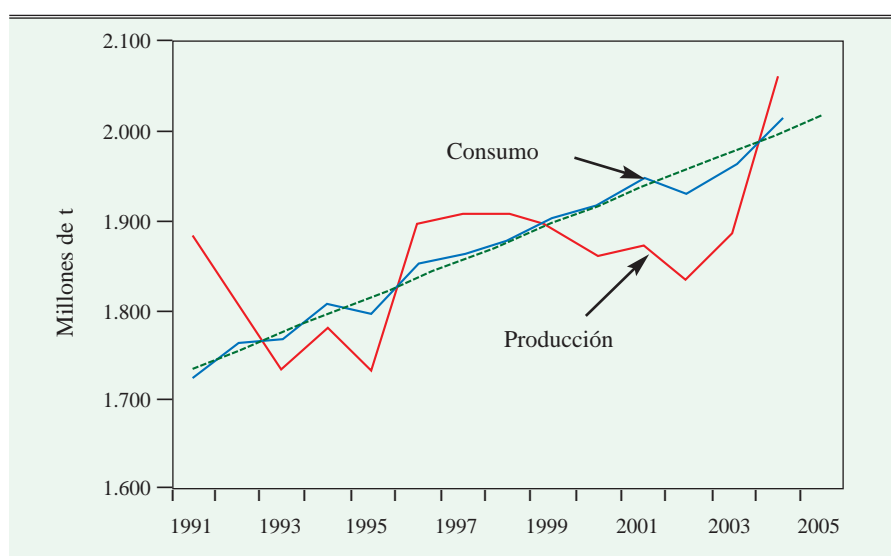


Figura 1. Producción y consumo mundial de cereales (trigo, granos gruesos, arroz) (FAO, 2005).

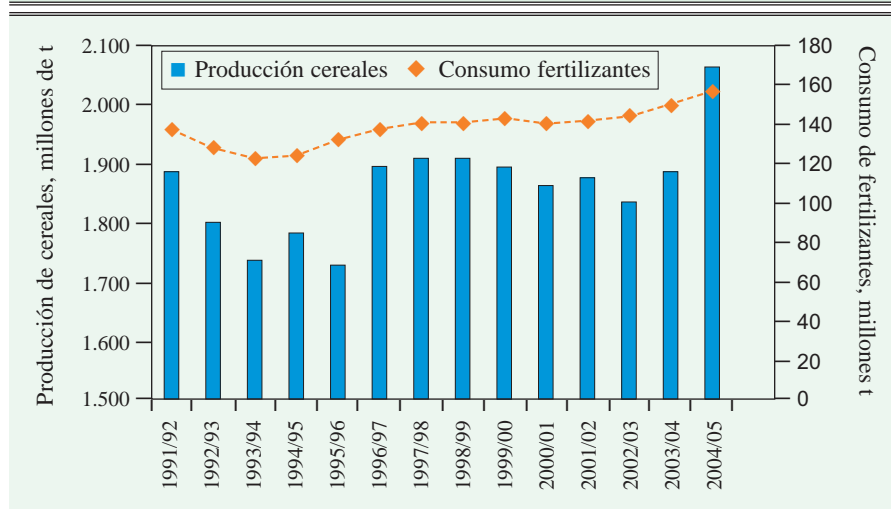


Figura 2. Producción y consumo mundial de cereales y fertilizantes (N+P₂O₅+K₂O) (FAOSTAT, 2005; IFA Statistics Online, 2005; Heffer, 2005).

¹ Potash and Phosphate Institute, Norcross, GA, USA. ddibb@ppi-far-org.

² Laboratorio de Planta, Suelo y Nutrición, USDA-ARS, NY, USA.

Tabla 1. Indicadores de la demanda agrícola (FAO, 2002).

Indicadores	Unidades	1979-1981	1997-1999	2015	2030
Población	Billones	4.43	5.90	7.21	8.27
Crecimiento anual de la población	% anual	1.6	1.5	1.2	0.9
Consumo de calorías	Kcal/cápita/día	2552	2803	2940	3050
Producción de cereales	Millones de t	1442	1889	2387	2838
Producción de carne	Millones de t	132	218	300	376
Producción de aceites vegetales y oleaginosas	Millones de t	50	104	157	217
Desnutrición	Millones de personas	816*	777	610	443

* Límite establecido para 1990-1992 por la Cumbre Mundial de la Alimentación.

contribución promedio de rendimiento atribuible a los fertilizantes varió entre 40 y 60% en EE.UU. e Inglaterra y fue mucho mayor en los países tropicales. En la **Figura 3** se compara la contribución porcentual promedio de los fertilizantes (y el encalado) al rendimiento de los cultivos en regiones templadas y tropicales según la revisión de Stewart y colaboradores.

Los fertilizantes realizan una contribución importante a la producción de alimentos y lo seguirán haciendo en el futuro, a medida que se incremente la demanda de producción de cultivos. Una adecuada fertilización también puede mejorar la calidad y el valor nutricional del cultivo, impactando de esta forma la nutrición humana.

Nutrición humana, calidad del cultivo y fertilización

La baja ingestión de micronutrientes afecta a 3 billones de personas en el mundo (Welch y Gram, 2004). Esto se debe a dietas de baja calidad constituidas principalmente por alimentos primarios (trigo, maíz y arroz), pero de bajo consumo de otros alimentos (frutas, leguminosas, hortalizas, carne y pescado) ricos en minerales y vitaminas biodisponibles. Se requieren de al menos 50 nutrientes en la dieta humana: agua, carbohidratos, proteínas, grasas, minerales (macro y micro), y vitaminas (**Tabla 2**). Tanto los microelementos como las vitaminas son considerados micronutrientes esenciales para la nutrición humana.

La falta de micronutrientes en la dieta de países en desarrollo resulta en la muerte de más de 5 millones de niños cada año, quita más de 220 millones de años de vida productiva a los hogares y produce billones de dólares en pérdidas de productividad a cada uno de los países (FAO,

2004). Aún deficiencias leves de micronutrientes incrementan marcadamente el riesgo de muerte y enfermedades severas. Las deficiencias de hierro (Fe), yodo (I), vitamina A, y zinc (Zn) son actualmente las deficiencias de micronutrientes de mayor importancia para la salud humana en el mundo en desarrollo.

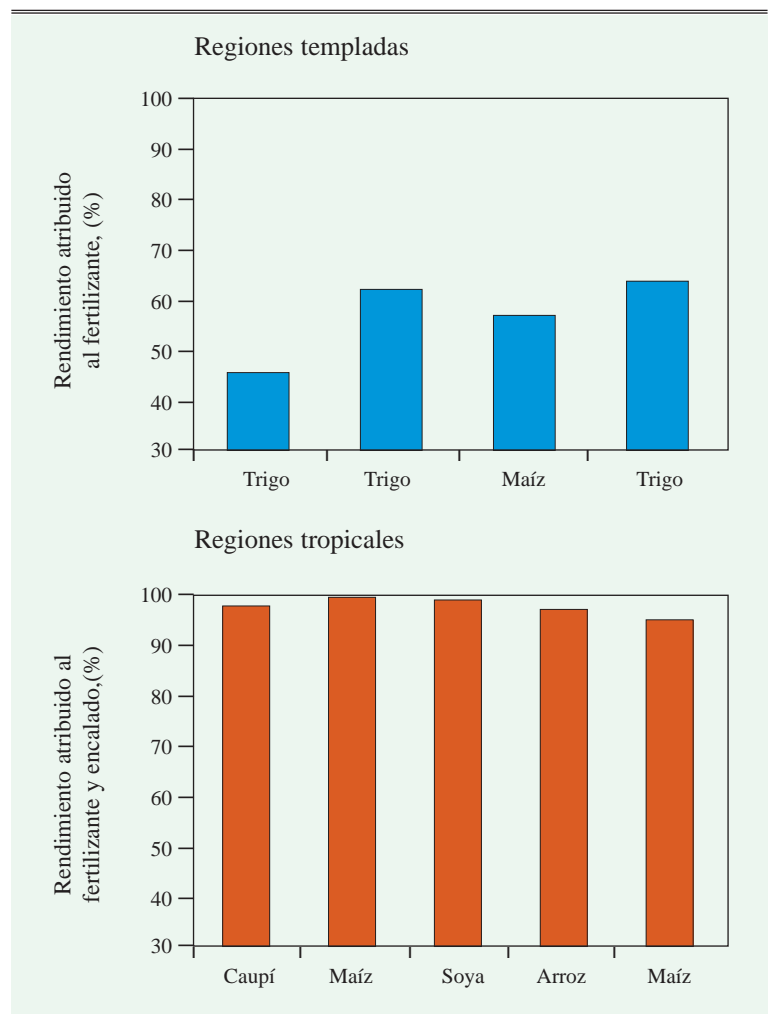


Figura 3. Contribución promedio de fertilizantes NPK (y cal en el trópico) al rendimiento en estudios de largo plazo en regiones templadas (EE.UU. e Inglaterra) y tropicales (Brasil y Perú) (Adaptado de Stewart et al., 2005).

La deficiencia de hierro (Fe) es el desorden nutricional más común en el mundo. La Organización Mundial para la Salud (WHO por sus siglas en inglés), estima que 4-5 billones de personas pueden sufrir deficiencias de Fe y que aproximadamente 2 billones de personas sufren anemia debido a esta deficiencia (WHO, 2004). La deficiencia de yodo (I) afecta a más de 740 millones de personas, siendo la principal causa de daño cerebral en el mundo. La deficiencia de vitamina A es la principal causa, posible de prevenir, de ceguera en niños, siendo deficientes entre 100 y 140 millones de niños en el mundo. La deficiencia de vitamina A incrementa los riesgos de enfermedad y muerte por infecciones severas, causa ceguera nocturna en mujeres embarazadas, y puede incrementar el riesgo de mortalidad maternal. El mal desarrollo infantil es el más claro indicador de la deficiencia de zinc (Zn). No es posible saber la proporción de la deficiencia de Zn, ya que no existe un método de medición simple y de

bajo costo, pero investigaciones recientes indican que una quinta parte de las personas en el mundo puede presentar carencia de Zn en sus dietas y se estima que un tercio de la población mundial vive en países de alto riesgo de deficiencia de Zn (Hotz y Brown, 2004). La alimentación es la clave para solucionar los desórdenes nutricionales de manera sustentable y la fertilización puede influenciar directamente los contenidos de Fe y Zn en los alimentos, e indirectamente los contenidos de vitamina A.

De los 50 componentes nutricionales requeridos para satisfacer las necesidades metabólicas de los humanos (**Tabla 2**), sólo el agua, potasio (K), fósforo (P), azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), Fe, manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y níquel (Ni), son considerados esenciales para las plantas. El cobalto (Co) es esencial para la fijación biológica del nitrógeno (N), y es un componente esencial de la también esencial cobalamina, una

vitamina que es sintetizada solo por ciertas bacterias. La deficiencia de cobalamina en humanos (anemia pernicioso), es conocida por ser un gran problema en ciertas regiones del mundo, incluyendo el subcontinente Indio, México, América Central y Sudamérica y entre vegetarianos en Asia (Stabler y Allen, 2004). Las plantas utilizan el N y estos elementos minerales para sintetizar los componentes nutricionales esenciales (proteínas y vitaminas) en los alimentos que los humanos consumen. La fertilización con estos 14 nutrientes esenciales no solo puede incrementar los rendimientos, sino que también puede mejorar la calidad de los alimentos vegetales y animales.

La relación entre la fertilización con N, el rendimiento de los cultivos y la concentración de proteína es ampliamente aceptada. Los resultados de la **Figura 4** son típicos de lo que puede observarse cuando se aplica fertilizante nitrogenado a un suelo deficiente. La concentración de proteína en

Tabla 2. Nutrientes esenciales para la vida (Welch y Graham, 2004).

Agua y Energía	Proteínas (aminoácidos)	Lípidos-Grasas (Ácidos grasos)	Macro elementos	Micro elementos	Vitaminas
Agua	Histidina	Acido oléico	Na	Fe*	A
Carbohidratos	Isoleucina	Acido linoleico	K	Zn	D
	Leucina		Ca	Cu	E
	Lisina		Mg	Mn	K
	Metionina		S	I	C (ácido ascórbico)
	Fenilalanina		P	F	B1 (tiamina)
	Treonina		Cl	B	B2 (riboflavina)
	Triptófano			Se	B3 (niacina)
	Valina			Mo	B5 (ácido pantoteico)
				Ni	B6 (piridoxina)
				Cr	B7 (biotina)
			Si	B9 (ácido fólico)	
			As	B12 (cobalamina)	
			Li		
			Sn		
			V		
			Co (en B12)		

* Los micronutrientes esenciales que presentan la mayor preocupación para la salud humana se indican en negrillas.

trigo continúa incrementándose con la cantidad de N aplicado más allá de la cantidad necesaria para obtener el máximo rendimiento. Cuando el N disponible es limitante (parte inferior de la curva de rendimiento), como es frecuente en países en desarrollo, aplicando pequeñas, pero inadecuadas cantidades de N a menudo resultan en reducción de la proteína en el grano. Se necesita aplicar suficiente N para satisfacer los requerimientos de rendimiento de la planta antes de que se observen incrementos significativos en proteína.

La calidad y composición de los aminoácidos de las proteínas también se afectan con la fertilización con N, y conociendo que el S es un componente estructural de tres aminoácidos (metionina, cistina y cisteína) la aplicación de S también afecta la calidad de proteína (Rendig, 1984; Grunes y Allaway, 1985). La fertilización con N incrementa la concentración de algunos aminoácidos no esenciales y disminuye la de otros aminoácidos esenciales, pero, en función del peso del grano, el contenido de aminoácidos generalmente se incrementa con la cantidad de N aplicado. En general, la nutrición mineral tiene mayor efecto en los aminoácidos libres de la fracción no proteica. El uso de N en suelos deficientes promueve el crecimiento de las plantas con mayores contenidos totales de proteína, resultando en mayor cantidad de proteína por hectárea. A pesar que la genética controla la calidad nutricional de las proteínas en mayor medida que la fertilización nitrogenada, el manejo de la fertilización puede afectar la composición de los aminoácidos y por ende, la utilización de proteínas por el consumidor.

Importancia del balance de nutrientes

Algunos de los efectos del uso de N,

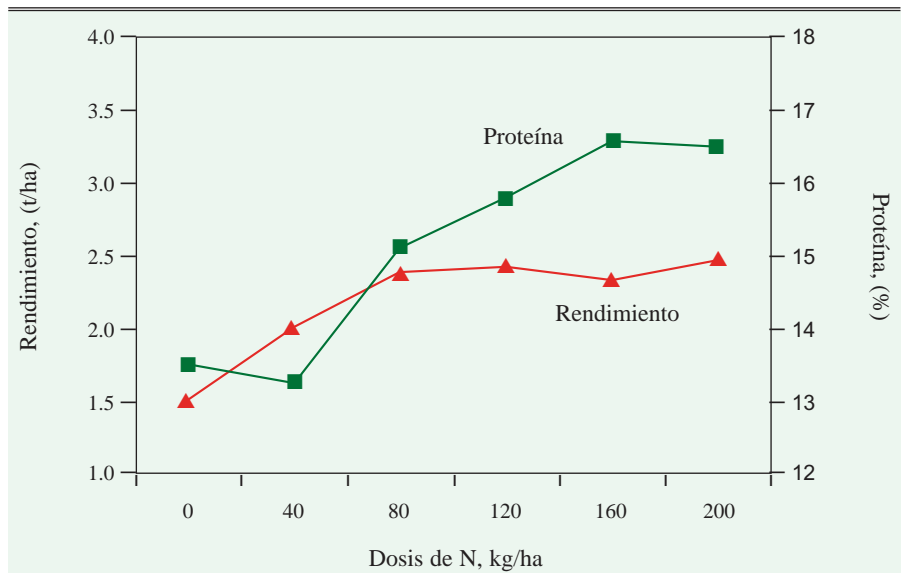


Figura 4. Rendimiento y proteína en grano de trigo bajo diferentes dosis de N, en el Oeste de Canadá (Grant et al., 2001).

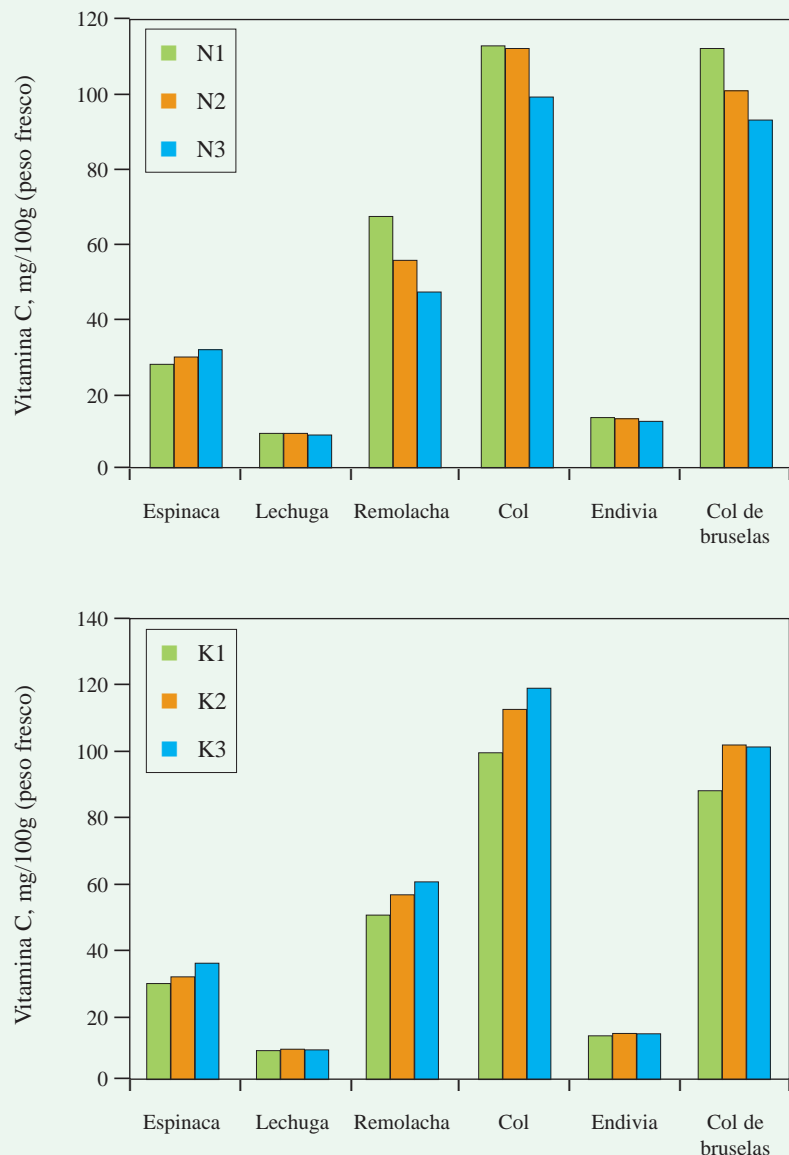


Figura 5. Efecto de la fertilización con N y K en el contenido de vitamina C de varias hortalizas (adaptado de Salunkhe y Desai, 1988).

Tabla 3. Efectos de la aplicación de Zn en el rendimiento de trigo en sitios con diferentes niveles de Zn en el suelo, en Anatolia Central (Cakmak et al., 1996).

Sitios	Nivel de Zn mg/kg	----- Rendimiento de grano -----		
		-Zn ----- t/ha -----	+Zn -----	Incremento %
Konya	0.13	2.8	5.9	111
Konya (Comaki)	0.11	0.2	1.4	600
Eskisehir	0.15	2.5	3.3	32
Sarayonu (Cesmelisebil)	0.25	1.1	2.3	109
Sarayonu (Gozlu)	0.38	1.1	1.5	36
Cumra	0.64	5.4	5.6	4
Promedio	0.28	2.2	3.3	53

P y K en la calidad de las hortalizas los resumen Salunkhe y Desai (1988). Los autores citan reportes que indican que la aplicación de muy altas cantidades de N tienden a disminuir el contenido de vitamina C de las hortalizas (espinaca, remolacha, col y col de bruselas), mientras que las aplicaciones de K aumentan el contenido de vitamina C (**Figura 5**). Se ha encontrado que la fertilización nitrogenada tiene efecto positivo en el nivel de caroteno en zanahoria y espinaca, pero las aplicaciones abundantes pueden tener un efecto adverso en la calidad de las hortalizas por la acumulación de nitrato potencialmente dañino.

Otros efectos nutricionales citados por Salunkhe y Desai (1988) sugieren que la fertilización con P podría incrementar el contenido de azúcar en tomate y mejorar el color de la remolacha, mientras que la deficiencia de P produciría un pobre llenado de las mazorcas de maíz dulce. La acidez en tomate y los contenidos de sólidos y almidón en papa se relacionan positivamente con la fertilización con K. Perkins-Veazie y Roberts (2002) documentaron otros efectos del K en la composición y calidad de frutillas, uvas, pomelo, pistacho, sandía y tomates. Generalmente, el K parece afectar la acidez, el pH y el contenido de carotenoides. La adición de K, por lo general,

disminuye el pH de la fruta, incrementando su acidez. En tomates, el incremento en K resalta el color rojo e incrementa el contenido de licopenos. El licopeno es el carotenoide que otorga el color rojo al tomate y a la sandía. El N, P y K interactúan en forma conjunta, incrementando los rendimientos y la absorción de otros nutrientes y afectando la calidad del producto a la cosecha. Más información sobre los beneficios adicionales del P y el K en la calidad de los cultivos a la cosecha se encuentran resumidos en la revista *Better Crops* (1998, 1999).

En general, la fertilización con micronutrientes tiene poco efecto en la acumulación de éstos en las partes comestibles de las plantas, a excepción del Zn y otros microelementos como el Ni, I, y selenio (Se), que no están disponibles en fertilizantes comerciales.

La deficiencia de Zn es común en cultivos, especialmente en cereales. Cerca de la mitad de la superficie sembrada en el mundo con cereales es deficiente en Zn (Graham y Welch, 1996). El arroz y el trigo, fuentes predominantes de energía y minerales para gran parte de la población mundial, son particularmente sensibles a la deficiencia de Zn. Tanto el rendimiento como la calidad nutricional del grano se ven limitadas en suelos deficientes en

Zn. En la década de los 90, estudios de campo a gran escala en suelos de Turquía con deficiencia generalizada de Zn demostraron la eficacia de la fertilización en corregir los problemas de deficiencias de Zn en todo el país (Cakmak, 2005).

Anatolia Central, la región más seca de Turquía, cubre el 50% del área de producción de trigo del país (4.5 millones de ha) y, según reportes de la FAO, tiene los suelos con deficiencias más severas de Zn del mundo. Los experimentos de campo y los muestreos de suelo y foliares confirmaron la existencia de deficiencia generalizada de Zn. La fertilización con Zn produjo un incremento sustancial de rendimiento y, en ciertas áreas donde la producción de trigo no había sido económica y los rendimientos eran extremadamente bajos (250 kg/ha), las aplicaciones de Zn incrementaron los rendimientos hasta en 600% (**Tabla 3**).

Las aplicaciones foliares y al suelo y los tratamientos de la semilla con Zn aumentaron los rendimientos de grano y, más importante aun, la concentración de Zn en el grano en 300% (**Figura 6**). La mayoría de la población en Turquía depende del trigo como fuente básica de alimento. En promedio, el 45% de la ingesta diaria en calorías proviene del trigo, siendo crítico entonces tener adecuados niveles de Zn en el grano. Este proyecto es uno de los primeros ejemplos en el mundo en donde se ha usado la fertilización específicamente para intervenir en un problema severo de salud humana.

Interacción entre nutrientes

Las interacciones entre nutrientes, pH y condiciones adversas de suelo como exceso de agua o compactación, afectan la concentración de nutrientes en las partes comestibles de las plantas. En suelos pobres en nutrientes, comunes en los países en

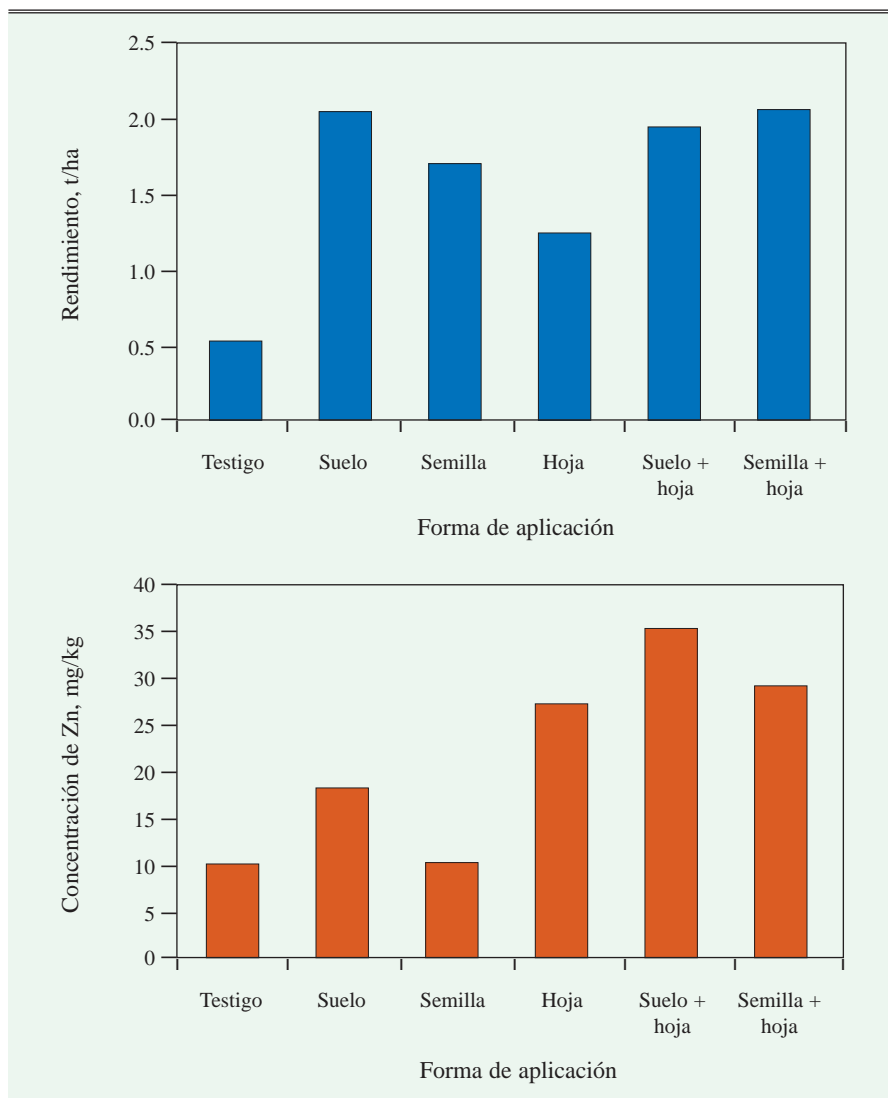


Figura 6. Efecto de diferentes formas de aplicación de Zn en el rendimiento y la concentración de Zn en el grano de trigo en Anatolia Central, Turquía (Yilmaz et al., 1997).

desarrollo, la producción de cultivos está limitada en primer lugar por aquellos nutrientes requeridos en altas cantidades, como N, P y/o K. Cuando el N, P y/o K son limitantes, la aplicación de estos nutrientes incrementa el crecimiento de las raíces y, a menudo, resulta en una mayor absorción de micronutrientes. Sin embargo, condiciones como alto pH, exceso de enclado o alta aplicación de P pueden afectar negativamente la absorción de Zn y Fe (Marschner, 1995).

La absorción de Zn por las raíces es especialmente sensible a la variación de pH en la rizosfera. Los incrementos en pH del suelo restringen la absorción de Zn y

pueden inducir deficiencias en las plantas, aun cuando las especies varían en la respuesta al pH del suelo (Loneragan y Webb, 1993). Las interacciones P-Zn son muy conocidas y de cierta complejidad ya que las aplicaciones de P pueden inducir deficiencias, no tener efecto o incrementar la absorción de Zn. La causa más común de la reducción en la absorción de Zn con la fertilización fosfatada es la supresión de la infección de raíces por las micorrizas vesículo-arbusculares. La fertilización con N puede tanto incrementar como reducir la deficiencia de Zn. La interacción positiva más común entre N y Zn se produce cuando el N promueve el crecimiento de planta y raíz y, en menor medida, reduce pH

del suelo en la zona radicular, los dos procesos incrementan la absorción de Zn. Existen otros micronutrientes que también interactúan con el Zn y bajo ciertas circunstancias pueden inhibir su absorción.

El ácido fítico (o fitato), una forma orgánica de P en la semilla de las plantas superiores, también interactúa con los microelementos (Bruulsema, 2002a). Por ejemplo, el ácido fítico contiene el 70% del P total de la semilla de soya. Cuando la soya crece en suelos ricos en P, el P se acumula en el grano principalmente como fitato. El ácido fítico generalmente reduce la biodisponibilidad de Zn y Fe en los alimentos básicos. Este es uno de los numerosos antinutrientes que se conoce que están presentes a altos niveles en los alimentos básicos (Graham et al., 2001). El ácido fítico forma precipitados insolubles con muchos cationes polivalentes como Zn, Fe y Ca, reduciendo su absorción por los humanos.

Alimentos funcionales y fertilización

La literatura cuenta con muchas evidencias del efecto positivo de los fertilizantes comerciales que suministran nutrientes esenciales para sostener la vida humana. La industria de fertilizantes juega un papel fundamental en la mitigación del hambre y de los desórdenes nutricionales existentes en los países en desarrollo. Si bien la mala nutrición no afecta directamente al mundo desarrollado, el público está interesado en la calidad en los alimentos y su contribución a la salud. Los consumidores se han interesado cada vez más en los alimentos funcionales y los nutraceuticos. Los alimentos funcionales son aquellos que contienen ingredientes bio-activos (licopeno en tomates, isoflavonas en soya), que mejoran la salud y el estado físico del cuerpo (Bruulsema,

2002a). Los ingredientes en los alimentos funcionales se asocian con la prevención y tratamiento del cáncer, diabetes, hipertensión, enfermedades del corazón y otras dolencias. Estos ingredientes, llamados también nutraceuticos, pueden ser extractados y consumidos como suplementos o pueden tener un valor terapéutico cuando se consumen con los alimentos. Los componentes de los alimentos funcionales están fuertemente controlados por la genética, pero otros factores como el clima, las prácticas culturales y el manejo de nutrientes pueden también tener un impacto importante.

El efecto de la nutrición mineral en los componentes de los alimentos funcionales se discutió recientemente en un simposio especial de la Sociedad Americana de Agronomía (ASA) (Bruulsema, 2002b). Algunos ejemplos de la interacción entre nutrientes y fitoquímicos se presentan a continuación.

El licopeno no es esencial para humanos o animales, pero la investigación ha demostrado que tiene beneficios interesantes en la salud. Este compuesto, que pertenece a la familia de los carotenoides que dan el color rojo al tomate, sandía y pomelo, tiene probadas propiedades antioxidantes, es decir neutraliza los radicales libres que pueden dañar células humanas. Un primer estudio demostró que el contenido de carotenoides en tomates se incrementó cuando se añadieron cantidades crecientes de K en la solución nutritiva (Trudel y Ozburn, 1971). Los análisis de los frutos mostraron que los contenidos de licopeno aumentaron marcadamente con el incremento en la aplicación de K, llegando hasta 56%. Los autores concluyeron que el licopeno es el pigmento más sensible a la deficiencia de K.

Tabla 4. Efecto de la aplicación de K en la concentración de isoflavonas en la semilla de soya en Ontario (Canadá). Promedio de dos sitios y tres años de estudio (Bruulsema 2002a).

Aplicación de K	----- Isoflavonas -----			Total*
	<i>Genisteina</i>	<i>Daidzeina</i>	<i>Glicitina</i>	
	ppm			
Banda	938	967	146	2051
Sin aplicación	831	854	130	1815
Incremento debido a K (%)	13	13	12	13

* **Concentración total de isoflavonas expresada como aglicona; suma de tres componentes.**

Siendo el K un co-factor esencial en la síntesis de proteínas, su deficiencia produce una reducción en las reacciones enzimáticas que intervienen en la síntesis de carotenos y precursores. Un estudio en ejecución en Texas muestra que los contenidos de carotenoides en toronja (licopeno y beta-carotenoide), y de vitamina C se incrementan con la fertilización foliar con KNO_3 (B. Patil, datos inéditos, PPI/FAR Research Database, TX-45F). La fertilización con NPK también incrementó el contenido de licopeno y sólidos solubles (dulzor) en sandía en otro estudio llevado a cabo en Oklahoma (Perkins-Veazie y Roberts, datos inéditos, PPI/FAR Research Database, OK-07F).

Además de ser una fuente importante de proteínas, se cree que la soya previene el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y la osteoporosis y reduce los síntomas menopáusicos (Bruulsema 2002a). La soya contiene varias clases de anticancerígenos, incluyendo las isoflavonas genistein y daidzein y es la única fuente alimenticia con significativos contenidos de estos componentes. Las isoflavonas se han asociado también con efectos de reducción de colesterol y con la reducción de la frecuencia de la intensidad de las molestias en mujeres menopáusicas. Investigación en Ontario (Canadá) han demostrado que la

fertilización con K puede afectar el contenido de isoflavonas en la soya (Tabla 4). La aplicación de K aumentó el contenido de isoflavonas en un 13%, en promedio, en los 2 sitios en los 3 años del estudio. Los 2 sitios difirieron en el contenido de K en el suelo, uno muy bajo y otro alto, pero ambos tuvieron respuesta similar en rendimiento a la fertilización con K. En sitios donde la soya no respondió a la aplicación de K, los niveles de isoflavonas no difirieron, sugiriendo que la deficiencia de K reduce los niveles de isoflavonas en este cultivo.

Conclusiones

La aplicación balanceada y adecuada de fertilizantes comerciales es un factor crítico en la producción de alimentos para el mundo y continuará creciendo en importancia a medida que se incrementa la demanda de alimentos, conjuntamente con la demanda de una mejor fertilidad de los suelos. La fertilización adecuada también mejora la calidad de los alimentos al incrementar el contenido de componentes esenciales para la nutrición humana. Los gobiernos, las autoridades sanitarias y todas aquellas personas trabajando en agricultura necesitan reconocer el importante papel que los fertilizantes juegan en el abastecimiento de alimentos vegetales y animales ricos en nutrientes, fitoquímicos, vitaminas y proteínas.

Referencias

- Better Crops. 1998. The influence of potassium in crop quality. In Potassium for Agriculture. Better Crops with Plant Food: 82(3):28-29.
- Better Crops. 1999. Phosphorus improves crop quality. In Phosphorus for Agriculture. Better Crops with Plant Food: 83(1):28-29.
- Bruulsema, T.W. 2002a. Nutrients and product quality. p. 69-78. In Plant Nutrient Use in North America. PPI/PPIC/FAR Technical Bulletin 2002-1. Published by Potash & Phosphate Institute. ISBN # 0-9629598-4-7.
- Bruulsema, T.W. (ed). 2002b. Fertilizing Crops for Functional Foods. Symposium Proceedings 11 November, 2002. Potash & Phosphate Institute. www.ppi-ppic.org/functionalfood
- Cakmak, I. 2005. Identification and correction of widespread zinc deficiency problem in central Anatolia, Turkey. 73rd IFA Annual Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 6-8 June, 2005.
- Cakmak, I., A. Yilmaz, H. Ekiz, B. Torun, B. Erenoglu, H.J. Braun. 1996. Zinc deficiency as a critical nutritional problem in wheat production in Central Anatolia. *Plant and Soil* 180: 165-172.
- FAO 2002. World Agriculture: Towards 2015/2030 an FAO perspective. FAO Corporate Document Repository. Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org/documents
- FAO 2004. The State of Food Insecurity in the World 2004. Monitoring progress towards the World Food Summit and Millennium Development Goals. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO 2005. Global information and early warning system on food and agriculture (GIEWS). www.fao.org/giews/english/
- FAOSTAT 2005. Agricultural Data. faostat.fao.org/
- Graham, R.D. y R.M. Welch. 1996. Breeding for staple-food crops with high micronutrient density. *Agricultural Strategies for Micronutrients*. p 1-72. Working Paper No. 3. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Graham, R.D., R.M. Welch, y H. E. Bouis. 2001. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. *Advances in Agron.* 70: 77-142.
- Grant, C.A., R.M. McKenzie, C.D. Rawluk, O. Lukow, y D.N. Flaten. 2001. Nitrogen management for enhanced protein content in wheat in the Black soil zone. p. 86-93. In *Proceedings of the Saskatchewan Soils and Crops Workshop*, University of Saskatchewan, Saskatoon.
- Grunes, D.L. y W.H. Allaway. 1985. Nutritional quality of plants in relation to fertilizer use. p. 589-619. In O.P. Engelstad (ed.) *Fertilizer Technology and Use* (3rd Ed.). Soil Science Society of America, Madison, WI
- IFA 2005. Statistics. Fertilizer Indicators. www.fertilizer.org/ifa/
- Heffer, P. 2005. Medium-term outlook for world agriculture and fertilizer demand 2004/05 – 2009/10. 73rd IFA Annual Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 6-8 June 2005.
- Hotz, C. y K.H. Brown (eds) 2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food and Nutrition Bulletin*, 25:S91-S204. International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG). International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG)
- Longeragan, J.F. y M.J. Webb. 1993. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. p.119-134. In *Proceedings of the International Symposium on Zinc in Soils and Plants*. The University of Western Australia, 27-28 September 1993.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, New York.
- Perkins-Veazie, P.M. y W. Roberts. 2002. Can potassium application affect the mineral and antioxidant content of horticulture crops? In *Fertilizing Crops for Functional Foods*. Symposium Proceedings 11 November, 2002. Potash & Phosphate Institute. www.ppi-ppic.org/functionalfood
- Rendig, V.V. 1984. Soil fertility and plant nutrition effects on the nutritional quality of crops. p.61-78. In *Crops as Sources of Nutrients for Humans*. ASA Special Publication No. 48, Soil Science Society of America, Crop Science Society of America, American Society of Agronomy. Madison, WI
- Salunkhe, D.K. y B.B. Desai. 1988. Effects of agricultural practices, handling, processing, and storage on vegetables. p 23-71. In *Nutritional Evaluation of Food Processing*. E. Karmas and R.S. Harris (eds). Avi Book, Van Nostrand Reinhold Co., New York.
- Stabler, S.P. y Allen, R.H. 2004. Vitamin B12 deficiency as a worldwide problem. *Annual Reviews of Nutrition* 24:299-326.
- Stewart, W.M., D.W. Dibb, A.E. Johnston, and J.T. Smyth. 2005. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agron. J.* 97: 1-6.
- Trudel, M.J. y J.L. Ozbun. 1971. Influence of potassium on carotenoid content of tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96(6): 763-765.
- Welch, R.M. 2002. The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant and Soil* 247: 83-90.
- Welch, R.M. y R.D. Graham. 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *J. Experimental Botany* 55 (396): 353-364.
- WHO 2004. Micronutrient deficiencies. World Health Organization, Health Topics, Nutrition. www.who.int/nut/
- Yilmaz, A., H. Ekiz, B. Torun, I. Gültekin, S. Karanlık, S.A. Bagci, and I. Cakmak. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat grown on zinc-deficient calcareous soils in Central Anatolia. *J. of Plant Nutrition* 20: 461-471. ♦

MANEJO POR SITIO ESPECIFICO DEL CACAO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

José Espinosa¹, Francisco Mite², Sergio Cedeño³, Sandra Barriga⁴ y Javier Andino¹

Introducción

Las condiciones económicas y ambientales del mundo actual han promovido el desarrollo de nuevas técnicas de manejo de los cultivos. Esto es particularmente importante en cultivos perennes que enfrentan nuevos retos relacionados con la eficiencia del manejo y su efecto en la rentabilidad. Las inversiones agrícolas deben ser altamente eficientes para competir en mercado globalizado y esta eficiencia solo se logra a través de un conocimiento profundo de todos los procesos del sistema de producción. Muchas plantaciones han acumulado abundantes y costosos datos agronómicos en grandes bases de datos, sin embargo, esta información no se usa en forma efectiva para determinar claramente los factores que limitan la producción. Esto se debe a la dificultad de analizar estos datos con las herramientas convencionales. Es necesario usar nuevas herramientas para utilizar la información en forma sistemática y eficiente. Una de estas herramientas son los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

El manejo por sitio específico se desarrolló inicialmente para identificar y mapear la variabilidad espacial de los nutrientes dentro de los lotes de producción y luego correlacionar esta variabilidad con la variabilidad espacial de rendimiento. Basándose en esta correlación se puede diseñar un programa de dosis variable de fertilización para minimizar la variabilidad del suelo y hacer los lotes más uniformes en términos de contenido de nutrientes y rendimientos. El mapeo de la variabilidad de nutrientes requiere de un intenso muestreo de suelos en cuadrícula en toda la propiedad lo que hace que este método sea caro en cultivos tropicales perennes. En estos cultivos, los lotes se arreglaron al inicio de la plantación teniendo en cuenta principalmente la logística. Debido a este inicial arreglo de los lotes, con un cultivo voluminoso sobre el campo, es casi imposible manejar el sistema para eliminar la variabilidad en todo el predio. En este caso es mejor trabajar con lotes ya establecidos para reconocer la variabilidad interna y si ésta es importante dividir los lotes como sea pertinente. Es más

importante conocer primero las dimensiones exactas de cada lote para trabajar sobre esa plataforma con manejo por sitio específico. Los SIG son la única manera de determinar el tamaño y forma actual de los lotes de la plantación. La demarcación precisa y la determinación exacta del tamaño de los lotes es el primer paso para mejorar el manejo de la plantación.

Como se indicó, con el concepto inicial de manejo por sitio específico para mapear la variabilidad de nutrientes se requiere de un muestreo intensivo en todos los lotes de la finca. Además de ser costoso, el análisis de suelos no ha sido calibrado para muchos de los cultivos perennes. Por otro lado, el acceso a las necesarias imágenes satelitales es costoso y difícil. Se debe buscar una forma diferente de tratar la informa-



Foto1. El clon de cacao CCN51 tiene alto rendimiento a completa exposición solar y alta densidad de siembra.

¹ INPOFOS Oficina para el Norte de Latinoamérica. Quito, Ecuador. Correo electrónico: jespinosa@ppi-ppic.org

² Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Pichilingue. Quevedo, Ecuador. Correo electrónico: fmite@tp.iniap-ecuador.gov.ec

³ Hacienda Cañas, Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: sceden@mail.ersa.com.ec

⁴ Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Correo electrónico: spbarrigac@hotmail.com

ción para lograr un manejo efectivo de nutrientes y otros insumos. La interpretación de la remoción de nutrientes puede ser una alternativa hasta calibrar el análisis de suelos con los datos generados en la plantación. Mientras tanto, el análisis de suelos puede ser utilizado para monitorizar otras importantes características físicas y químicas del suelo.

El cacao es un cultivo tradicional en los trópicos, pero problemas de susceptibilidad a enfermedades como escoba de bruja (*Crinipellis pernicioso*) y bajos precios internacionales los hicieron por mucho tiempo un cultivo endémico caracterizado por bajo uso de tecnología. Las variedades de cacao fino de aroma son particularmente susceptibles a estas enfermedades y tienen bajo rendimiento, llegando a producir alrededor de 900 kg/ha en óptimas condiciones. Homero Castro, un científico ecuatoriano, desarrolló en 1965 un clon de cacao de la doble hibridación de material genético Trinitario y Forastero de origen amazónico (www.agrotropical.com/productos/cacao/). Este nuevo clon, denominado CCN51, tiene un mayor potencial de rendimiento y resistencia a las enfermedades fungosas comunes. Estas características hacen del clon CCN51 una aceptable alternativa de producción. Con un

adecuado proceso de fermentación este tipo de cacao puede lograr buenas características de calidad. Bajo completa exposición solar y alta densidad de población el cacao CCN51 puede llegar a producir rendimientos superiores a los 4000 kg de almendras secas/ha (**Foto 1**).

Hacienda Cañas: Un estudio de Caso

La hacienda Cañas inició sus actividades con cacao CCN51 en 1991 en Naranjal, provincia del Guayas, Ecuador. La siembra de los diferentes lotes de producción se realizó rápidamente y al cabo de algún tiempo solamente se conocían los tamaños y formas aproximadas de estos lotes. Entre 1991 y 1993 se sembraron en cuatro densidades de siembra para identificar el potencial de rendimiento del cacao CCN51 y del sitio. Se sembraron nuevos lotes entre el año 2000 y el 2003. En este punto de desarrollo de la plantación, solamente el uso de SIG podría determinar exactamente el tamaño y distribución de los lotes. Este es el primer y crucial paso para iniciar el manejo por sitio específico de la nutrición y otros factores de la plantación.

Los rendimientos de cacao CCN51 fueron relativamente altos durante los primeros años de

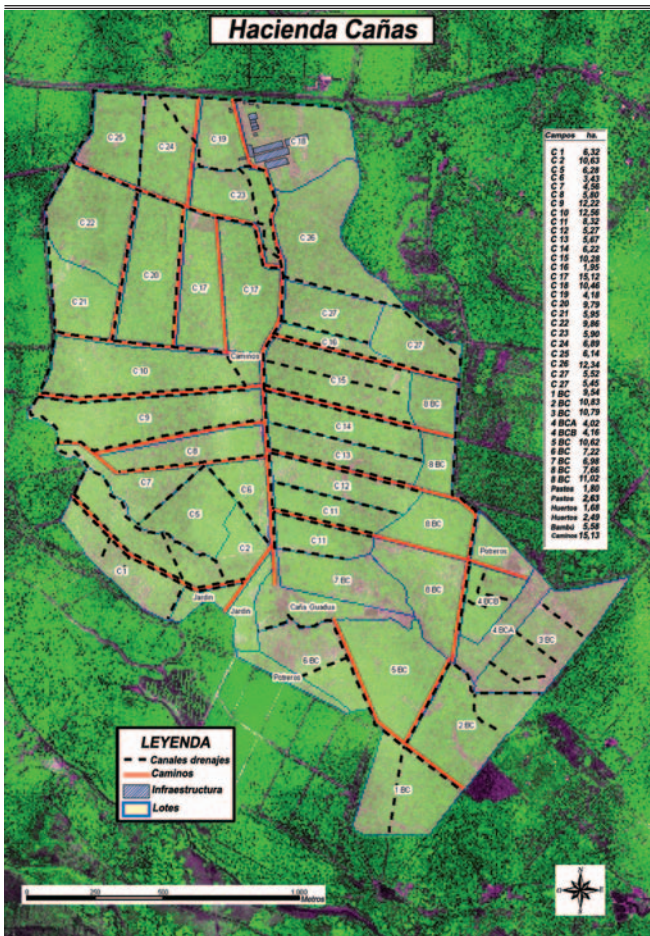


Figura 1. Tamaños y formas exactas de los lotes en la Hacienda Cañas (capa superior) obtenido con la ayuda de fotografía aérea (capa inferior) y mediciones con GPS.

Lotes/Clasificación del Suelo Hacienda Cañas

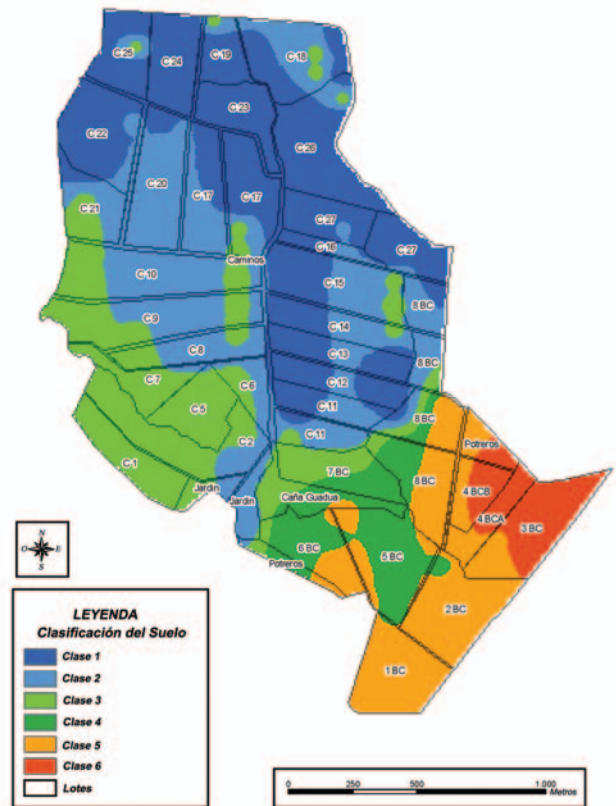


Figura 2. Capa de los lotes de tamaños exactos sobre la capa de clases de suelos.

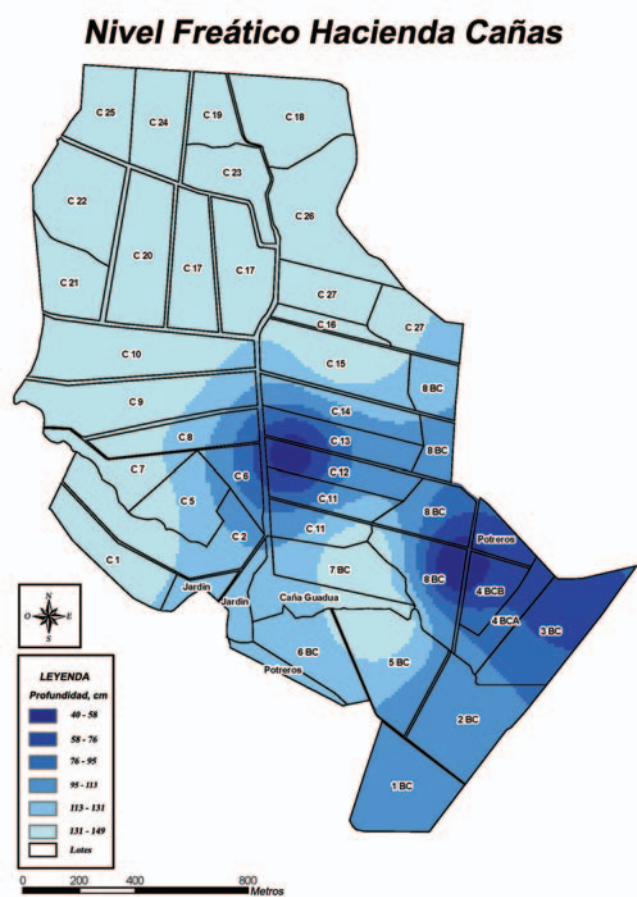


Figura 3. Capa de los lotes de tamaños exactos sobre la capa de drenaje.

siembra, pero bajo completa exposición, alta densidad e inadecuado manejo de nutrientes, éstos empezaron a declinar. El manejo de la nutrición fue desarrollando hasta incluir en 1999 un programa general de análisis de suelos como base de la recomendación de fertilización. El sostenido mejoramiento de los precios internacionales del cacao desde el año 2003 proveyó de los recursos necesarios para establecer y mantener un proyecto de manejo por sitio específico basado en SIG. El primero y crucial paso de manejo por sitio específico (determinación de las dimensiones exactas de cada uso de los lotes de producción) se logró gracias a la disponibilidad de fotografía aérea geo-referenciada y orto-rectificada disponible en el CLIRSEN, Ecuador (<http://www.clirsen.com>). Utilizando la foto aérea, con el mapa planimétrico de la plantación existente y un GPS se procedió a delimitar las áreas para obtener las reales dimensiones de cada lote de producción y dibujar el nuevo mapa digital de la plantación (**Figura 1**). Esta base de datos tiene ahora las reales dimensiones y formas de los lotes y es la primera plataforma para integrar y normalizar todos los datos agronómicos acumulados por la plantación.

Se utilizó un método arbitrario para determinar la capacidad de uso del suelo para el cultivo del cacao.

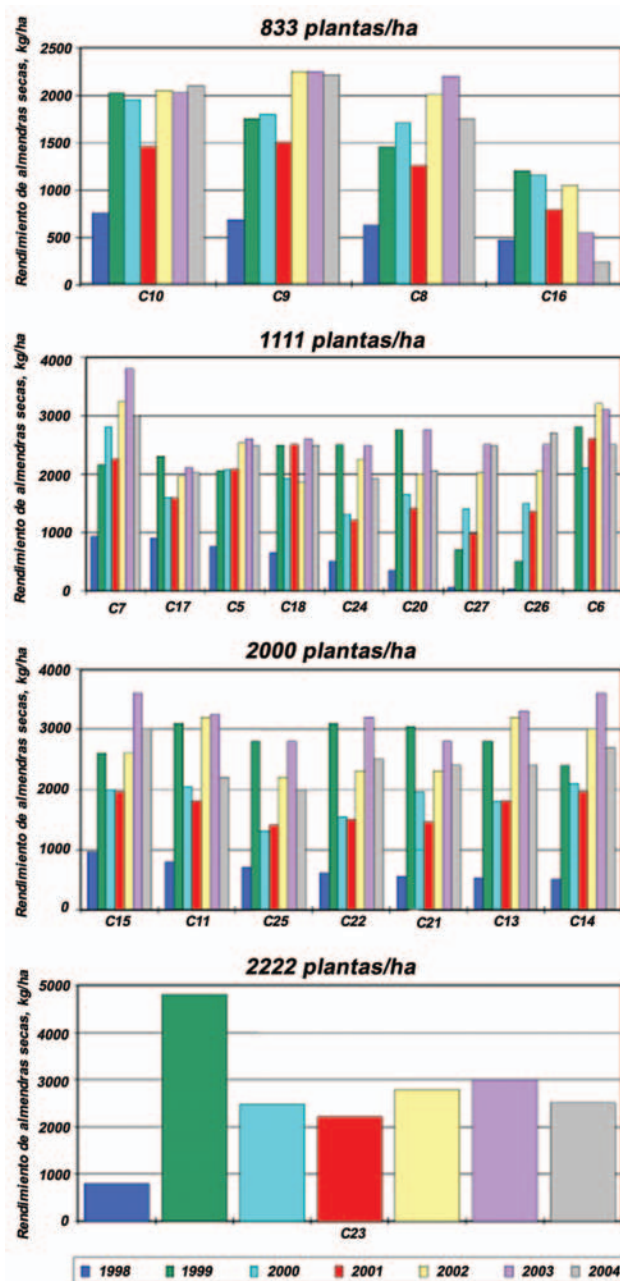


Figura 4. Historia normalizada de rendimiento a diferentes densidades de siembra.

Este método toma en cuenta, entre otros parámetros, la textura de los primeros 90 cm del perfil y la profundidad de la tabla de aguas. Cuando la capa del mapa final de los lotes se colocó sobre la capa con el mapa de las clases de suelos se observó que la distribución inicial de los lotes de producción no tomó en cuenta las clases de suelos o productividad potencial. Se había perdido una excelente oportunidad para organizar adecuadamente los lotes de producción al inicio de la plantación (**Figura 2**).

El mapa con la información de la profundidad de la tabla de aguas fue más útil porque con esta información se puede modificar el drenaje para eliminar la saturación del suelo como factor limitante. La capa con el mapa de

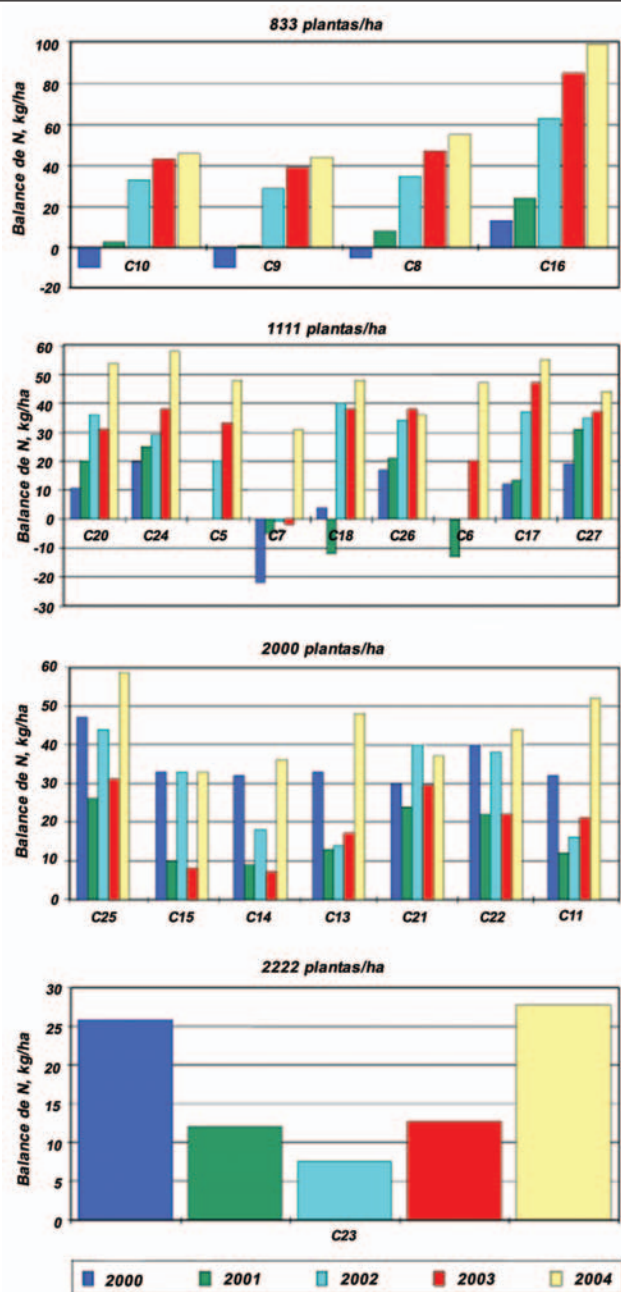


Figura 5. Historia del balance de N a diferentes densidades de siembra.

lotes de la finca sobre la capa de profundidad de la tabla de aguas se presenta en la Figura 3.

Historia del rendimiento normalizada por los tamaños actuales de los lotes

Una vez que se determinó los correctos tamaños de los lotes, todos los datos acumulados de rendimiento fueron normalizados para reflejar este hecho. La historia del rendimiento (1998 a 2004) de cada uno de los lotes, arreglados por densidad de siembra, se presenta en la Figura 4. El rendimiento se correlaciona positivamente con las densidades. Una correlación similar (**Datos sin presentar**) se encontró entre el rendimiento y la absorción total de nutrientes. Las densidades de 2000 y 2222 plantas/ha lograron

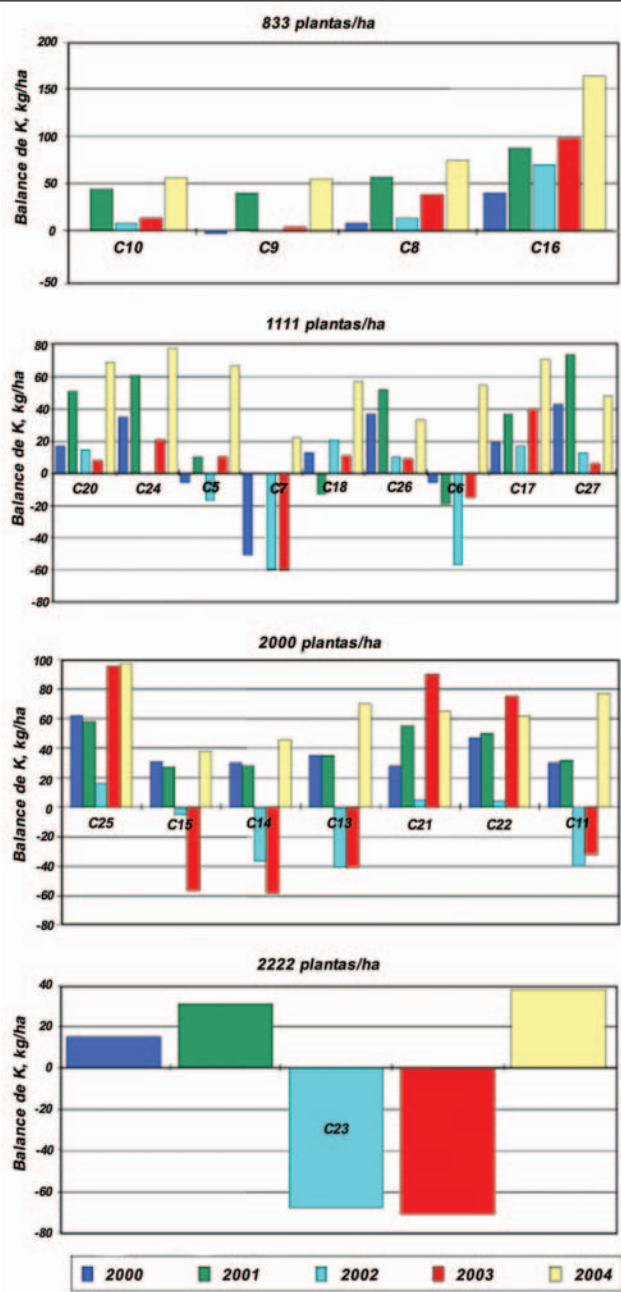


Figura 6. Historia del balance de K a diferentes densidades de siembra.

rendimientos muy altos.

El efecto de las recomendaciones de fertilización basadas en el primer análisis de suelos hecho en 1999 fue evidente en todos los lotes que respondieron con excelentes rendimientos. Sin embargo, se observó reducción de rendimiento en algunos lotes en los dos años siguientes. Esta reducción en rendimiento fue una indicación de que las recomendaciones de fertilización basadas en el análisis de suelos no estaban entregando la cantidad y el balance de nutrientes necesarios para mantener estos altos rendimientos. Esto se debe a que no existe calibración del análisis de suelos para cacao CCN51. Tratando de mejorar esta aparente falta de nutrición cada año se fueron incrementando los niveles de nutrientes.

Tabla 1. Absorción total de nutrientes por el clon de cacao CCN51, Hacienda Cañas, Naranjal, Ecuador (2005).

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
————— kg/t de almendras secas —————				
28.5	13.2	57.7	12.0	3.4

Absorción total y remoción de nutrientes

En el año 2005 se completó el estudio de absorción de nutrientes del cacao CCN51 (**Tabla 1**). Con esta información se pudo establecer la relación entre absorción total y remoción de nutrientes del campo, para con estos parámetros diseñar las futuras recomendación de fertilización. Los datos obtenidos permitieron estimar los balances de nutrientes para cada campo basándose en los datos de rendimiento (**Figuras 5 y 6**). Los balances consideran que las hojas, el material de poda y la cáscara se reciclan en el campo. Los balances también asumen una eficiencia de uso de 50% para N y 70% para K.

El balance de N sugiere que se estuvieron utilizando cantidades muy altas de este nutriente a través de los años, particularmente en el 2004. Los datos de K indican balances negativos (menos K del requerido) a las densidades más altas, aun cuando las cantidades utilizadas en el 2004 también parecen altas. La falta de balance entre N y K puede explicar las reducciones observadas de rendimiento después de la primera respuesta a la aplicación de fertilizantes de 1999. Este hecho es también evidente de los datos acumulados de K (**Datos sin presentar**). Como no existen niveles

críticos de K para el análisis de suelos (Olsen modificado) no se pudieron determinar las dosis adecuadas y el balance ofrece mejores alternativas para diseñar recomendaciones de K. Por otro lado, como no se analiza N en el suelo, el balance es la mejor alternativa para determinar dosis de este nutriente.

Conclusiones

El manejo de la información usando SIG ha permitido a la Hacienda Cañas compilar las medidas exactas de los lotes de producción y relacionar el rendimiento con esta información. De esta manera se conoce con precisión los rendimientos por unidad de superficie y se puede iniciar un programa de manejo de nutrientes por sitio específico. La plataforma generada permite introducir todos los datos agronómicos generados a través de los años para con esto calcular la absorción total y remoción de nutrientes por lotes específicos y con esto diseñar recomendaciones de fertilización que permitan mantener los rendimientos y hacer un uso eficiente de los fertilizantes. Con esta información se puede manejar la variabilidad dentro de los lotes y si es necesario se pueden dividir o reorganizar los lotes para minimizar el impacto de la variabilidad en la producción. Eventualmente, la información de rendimiento y remoción de nutrientes puede correlacionarse con el análisis de suelos para obtener los niveles críticos de todos los nutrientes (excepto N) necesarios para calibrar y utilizar esta herramienta como ayuda para diseñar las recomendaciones de fertilización.

Nota: Los autores agradecen al cuerpo técnico y administrativo de la Hacienda Cañas por el apoyo logístico y por permitir el uso de sus datos en este artículo. ♦

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

EFECTO DE LA COMPACTACION DEL SUELO Y FERTILIZACION EN LA PRODUCCION DE SOYA

Beutler A.N., and J.F. Centurion. 2004. Soil compaction and fertilization in soybean productivity. *Sci. Agric.* 61:626-631.

La compactación del suelo y la fertilización afecta el desarrollo de la soya. Este estudio evaluó el efecto de la compactación del suelo y fertilización en la producción de soya (*Glycine max* cv. Embrapa 48) en un Tepic Haplustox bajo las condiciones de campo en Jaboticabla, SP, Brasil. Se utilizó un diseño completamente al azar con una disposición factorial 5 x 2 (compactación vs. fertilización), con cuatro replicaciones en cada tratamiento. Cada unidad experimental consistió de un área útil de 3.6 m². Después que el suelo fue preparado para el cultivo, se pasó un

tractor de 11 Mg sobre el sitio por un número variable de veces para crear cinco niveles de compactación. Los tratamientos fueron: T₀=sin compactación, T₁=un paso del tractor, T₂=dos, T₄=cuatro y T₆=seis pasadas, cada uno de estos sin y con fertilización en cantidad suficiente para obtener rendimientos de soya de 2.5 a 2.9 Mg ha⁻¹. Se tomaron muestras de suelo a 0.02-0.05, 0.07-0.10 y 0.15-0.18 m de profundidad para determinar la macro y microporosidad, resistencia de penetración (RP) y densidad aparente (Da). Después de 120 días de crecimiento en estas condiciones se analizaron las plantas en términos de desarrollo (altura de la planta, número de vainas, materia seca de la parte aérea y peso de 100 semillas) y la producción por hectárea. La compactación del suelo redujo el desarrollo y producción de la soya, pero este efecto fue menor con la fertilización del suelo, mostrando que la fertilización incrementa la tolerancia de la soya a la compactación. ♦

EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA ABSORCION DE FOSFORO INORGANICO EN LA ZONA RADICULAR DE TRIGO

Zhang, F., S. Kang, R. Zang, J. Zhang, R. Zhang and F. Li. 2004. Nitrogen Fertilization on Uptake of Soil Inorganic Phosphorus Fractions in the Wheat Root Zone. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1890-1895.

La absorción de nutrientes del suelo depende del fertilizante aplicado, química del suelo y otros factores. El objetivo de este estudio fue cuantificar los efectos de la aplicación de fertilizantes portadores de nitrógeno (N) en la absorción de fósforo (P) por trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.) y en el cambio de pH del suelo en la zona radicular relacionado con la reducción de fracciones de P inorgánico en la rizosfera. Se condujo un experimento usando diferentes formas de fertilizantes

portadores de N (NH_4^+ y NO_3^-) aplicados a tres concentraciones de N (0, 100 y 300 mg kg^{-1}) en un suelo calcáreo. La biomasa y la absorción total de N por la planta se incrementó con las concentraciones de N y el fertilizante NH_4^+ produjo mayor biomasa que el fertilizante NO_3^- . La absorción total de P en la planta fue mayor con la fertilización con NH_4^+ que con la nutrición de NO_3^- . Comparado con el tratamiento de cero N, el pH del suelo alrededor de las raíces disminuyó en 0.30 y 0.65 unidades con el tratamiento de 100 y 300 mg kg^{-1} de fertilizante NH_4^+ , respectivamente. La cantidad de P inorgánico en el suelo de la zona radicular se redujo con el incremento en la aplicación de NH_4^+ . Los tratamientos con NO_3^- redujeron la acidificación de la rizosfera y tuvieron un menor impacto en las fracciones de P inorgánico en el suelo. El resultado sugiere que la acidificación de la rizosfera atribuida a la aplicación de fertilizantes NH_4^+ puede mejorar la disponibilidad de P en suelos calcáreos. ♦

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. IV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo

Organiza : Sociedad Boliviana de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Tarija - Bolivia
 Marzo 8-11, 2006
Información : Universidad Autónoma Juan Misael Caracho
www.uajms.edu.bo/congreso_suelos/

2. III Simposio Internacional sobre Dinámica del Fósforo en Suelo-Planta

Organiza : Sociedad Brasileña de la Ciencia del Suelo
 Univ. Federal de Lavras
 Univ. Federal de Uberlandia
 Univ. Federal de Vicosa
Lugar y Fecha : Uberlandia - Brasil
 Mayo 14-19, 2006
Información www.cnpms.embrapa.br/simposio/

3. IV Congreso Iberoamericano de Física y Química Ambiental

Organiza : Sociedad Iberoamericana de Física y Química
Lugar y Fecha : Cáceres - España
 Mayo 22-26, 2006
Información : SIFyQA
jgallardo@usal.es
www.sifyqa.org.es

4. IV Simposio Internacional sobre los Suelos Volcánicos Deteriorados

Organiza : Centro Nacional para Producción Sostenible
Lugar y Fecha : Morelia - México
 Julio 1-8, 2006
Información : www.isvo06.org

5. XVIII Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo

Organiza : Unión Internacional de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Filadelfia - EEUU
 Julio 9-15, 2006
Información : WCSS
18wcsc@soils.org
www.18wcsc.org

6. XX Congreso Argentina de la Ciencia del Suelo

Organiza : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Salta, Jujuy - Argentina
 Septiembre 18-22, 2006
Información : www.suelos.org.ar

7. XVII Reunión Internacional ACORBAT 2006

Organiza : ACORBAT
Lugar y Fecha : Joinville, SC - Brasil
 Octubre 15-20, 2006
Información : www.acorbat2006.org

PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo en dólares



- ☞ **Manual de Arroz: Desórdenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes:** Esta publicación contiene información que permite desarrollar estrategias de recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales. \$ 25.00



- ☞ **Guía Práctica para el Manejo de Nutrientes en Arroz:** Contiene una discusión concisa y muy práctica de las estrategias de manejo nutricional y recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales. Excelente herramienta de apoyo en el contacto diario con los agricultores. \$ 15.00



- ☞ **Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 1: Vivero.** Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 1 cubre el manejo del vivero para producir plántas de calidad que deben estar disponibles para la siembra en el campo en el momento requerido. \$ 20.00



- ☞ **Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 2: Fase Inmadura.** Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 2 cubre el manejo de la fase inmadura de la plantación para lograr una población uniforme de palmas productivas en cada bloque del campo. \$ 20.00



- ☞ **Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 3: Fase Madura.** Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 3 cubre el manejo de la fase madura de la plantación para lograr rendimientos sostenidos de racimos de fruta fresca a través de toda la etapa productiva del cultivo. \$ 20.00



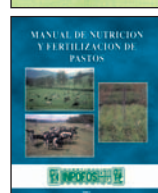
- ☞ **Síntomas de Deficiencias de Nutrientes y Desórdenes en Palma Aceitera.** Guía de Bolsillo para técnicos a cargo del manejo de plantaciones que deseen identificar los síntomas de deficiencia en el campo, conocer algo de sus causas y como éstas podrían prevenirse o remediarse. \$ 8.00



- ☞ **Síntomas de Deficiencias Nutricionales y Otros Desórdenes Fisiológicos en Banano.** Guía de Campo para técnicos y agricultores que permite identificar en el campo los síntomas de deficiencias nutricionales, conocer sus causas y determinar una estrategia de prevención o recuperación. \$ 8.00



- ☞ **Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.** Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes con datos y ejemplos de diferentes partes del mundo. \$ 15.00



- ☞ **Manual de Nutrición y Fertilización del Café.** Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del café como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos. \$ 20.00



- ☞ **Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos.** Esta publicación ofrece a las personas envueltas en la producción ganadera una visión amplia del potencial productivo, de los requerimientos nutricionales y de los factores limitantes impuestos por el ambiente tropical a la producción de forrajes. \$ 15.00

- ☞ **Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos.** Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón. \$ 5.00

- ☞ **Nutrición de la Caña de Azúcar.** Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña. \$ 8.00

PEDIDOS DE PUBLICACIONES: Las publicaciones de INPOFOS pueden ser adquiridas en las siguientes direcciones:

COLOMBIA: *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS).* Carrera 11 No. 66-34, Oficina 204. Telf.: 211-3383 Fax.: 211-3383. E-mail: scsuelo@cable.net.co. Bogotá, Colombia.

COSTA RICA: *Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS).* Código Postal 2060. Telf.: 224-3712 Fax.: 224-9367. E-mail: fbertsch@cariari.ucr.ac.cr. San José, Costa Rica.

PERU: *Corporación MISTI S.A.* Ing. Federico Ramírez, Tudela y Varela 179, San Isidro. Telf.: 222-6722 Fax.: 442-9881. E-mail: framirez@corpimizi.com.pe. Lima, Perú.

Molinos & Cía S. A. Fertilizantes. Ing. Julio Zavala, Av. de Los Ingenieros No. 154, Urb. Ind. Sta. Raquel 2da. Etapa - Ate. Telf.: 349-0920 Fax.: 348-0615. E-mail: juliozm@molicom.com.pe. Lima, Perú.

EN OTROS PAISES: Solicitar las publicaciones a las oficinas de INPOFOS en Quito. Adjuntar cheque girado contra una plaza de los Estados Unidos a nombre del Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) por el valor de las publicaciones más costo de correo (US \$ 4.00 dólares por publicación).