LA RECOMENDACION DE FERTILIZANTES, FUNDAMENTOS Y APLICACIONES ** 631.8.03

Ricardo Guerrero Riascos*

INTRODUCCION

Una de las decisiones que mayor trascendencia tiene en el éxito de la explotación agrícola es la relacionada con el uso de fertilizantes. Esta decisión, dentro de la práctica agronómica profesional, se denomina comunmente " Recomendación de Fertilizantes".

En nuestros tiempos más que en el pasado, el uso económico y racional de los fertilizantes tiene especial relievancia y ponderación dentro de la tecnología para la producción de alimentos. La razón de ello reposa en dos aspectos principales :

a. La incorporación cada vez más frecuente, de variedades altamente rendidoras al proceso de producción agrícola, fenómeno que obviamente supone un acentuado incremento en las necesidades nutricionales de los cultivos y, por ende, en los requerimientos de fertilización.

b. El incremento acelerado en el costo de las fuentes fertilizantes. En efecto, el precio de las fuentes fertilizantes en América del Sur es 70% más alto que en los Países Europeos, las fuentes fosfatadas cuestan un 50% o más y las potásicas un 90% más.

---

* Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, Bogotá.
Actualmente vinculado a MONOMEROS COLOMBOVENEZOLANOS.

** Resumen tomado de la fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Publicación de la Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo.

La respuesta a la situación anterior no puede ser otra que la aplicación de una metodología que permita estimar con cierto grado de confianza las necesidades de fertilización de los cultivos. A este respecto, en nuestro medio, la información inherente a la solución de este problema es relativamente escasa. En la mayoría de los casos, el único instrumento utilizado por el Ingeniero Agrónomo para formular la recomendación de fertilizantes es el análisis químico de la fertilidad del suelo y las recomendaciones globales de fertilización señaladas por los organismos de investigación. Se piensa que esto no es suficiente para conseguir una recomendación razonablemente confiable y eficiente.

La presente obra constituye un esfuerzo para aproximar la práctica de la recomendación de fertilizantes a un grado de mayor refinamiento y ella vá dirigida primordialmente, tanto a los profesionales de las ciencias agrícolas, como a los estudiantes de esas mismas disciplinas. Desde luego que no se pretende, ni mucho menos, desconocer las recomendaciones que para las condiciones de Colombia han formulado los organismos estatales de investigación agrícola, sino ofrecer elementos de juicio adicionales, materializados en una metodología que permita un mayor ajuste de la recomendación a la realidad del medio.

Fundamentos y componentes de la recomendación de fertilizantes

Principios generales y factores de la recomendación

El objeto de la fertilización es el de obtener el mayor rendimiento posible con un mínimo de trabajo y costo, incluyendo el del fertilizante. Este postulado supone que la recomendación debe realizarse teniendo como meta la consecución de estos fines.

La obtención de los máximos rendimientos con el mínimo de fertilizantes, supone conseguir un máximo de eficiencia en la fertilización y el que esto ocurra dependerá, en gran parte, de que la recomendación sea certada. A su vez, el acierto en la fertilización dependerá de cuan justamente se haya sopesado los factores que determinan los componentes de la recomendación.

Así Fried y Broeshart (3), plantean que la cantidad de fertilizante que debe aplicarse está definida por la concurrencia de los siguientes factores en la ecuación :

Q = f (s,p,n,i,e,m) c, en donde :
Q = Cantidad de fertilizante a aplicarse
s = Disponibilidad del nutrimento en el suelo
p = Requerimiento del nutrimento por la planta
n = Naturaleza o tipo del fertilizante
i = Interacción del fertilizante con el suelo
e = Epoca de aplicación
m = Método o sistema de aplicación
c = Costo de la aplicación

Algunos de los factores de la ecuación es claro que estarán relacionados unos con otros. Así por ejemplo, la interacción del fertilizante con el suelo (solubilización, fijación, lixiviación, inmovilización, volatilización) dependerá de la naturaleza o tipo del fertilizante, de la época de aplicación y del sistema de aplicación. Esta circunstancia explica el hecho de que para conseguir una óptima recomendación de fertilizante en una localidad dada se requiera una experimentación extensiva.

Componentes de la recomendación

La recomendación de fertilizantes no se limita únicamente a la cantidad a aplicarse sino que debe contemplar otros componentes no menos importantes. Globalmente, los componentes de una recomendación racional de fertilizantes son : cantidad, tipo de fertilizantes, época de aplicación y sistema de aplicación, los cuales se discuten brevemente a continuación.

Cantidad o dosis del nutrimento

Este componente se refiere a la cantidad del nutrimento a aplicarse por unidad de superficie, lo cual técnicamente se conoce con la denominación de dosis.

La dosis de aplicación puede expresarse de diferentes maneras, tales como :

a. Kg/ha
b. Ton/ha
c. Kg/plaza
d. Lib/acre
e. Kg/fanegada

Este componente de la recomendación d a respuesta a la pregunta: cuánto fertilizante se debe aplicar?

Tipo de fuente de fertilizante

Se refiere a la recomendación del compuesto o fuente comercial más adecuado para las condiciones de suelo, planta, clima, tomando naturalmente en cuenta la disponibilidad de la misma en el comercio de la localidad, y responde a la pregunta : que aplicar?

En términos generales, el tipo de fertilizante puede encajar en uno de los dos grupos siguientes :

a. Fuentes individuales

Se refiere a aquellos compuestos que normalmente solo son portadores de uno o dos nutrimentos. Su uso hoy día es limitado a aquellos casos en donde los requerimientos de fertilización se limiten a uno,o máximo dos nutrimentos, o también,cuando las condiciones específicas de suelo y/o clima exija el uso de una fuente en particular.

b. Fórmulas completas

Soh aquellas fuentes fertilizantes que como mínimo, contienen los nutrimentos NPK en proporciones variables. En razón de economía de la aplicación, el uso de este tipo de fertilizantes se ha generalizado.

Epoca de aplicación

Este componente se refiere al tiempo o momento, en el transcurso del de-

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

sarrollo del cultivo, en que es conveniente realizar la aplicación. En general, se identifican las siguientes épocas :

a. Antes de la siembra
b. En la siembra
c. Después de la siembra

Este componente de la recomendación responderá a la pregunta de cuando aplicar?

Sistema de aplicación

Este componente responde a la pregunta cómo aplicar? y se refiere a los diferentes métodos que existen para adicionar el fertilizante al suelo o a la planta.

Cuando el fertilizante se coloca directamente en contacto con la planta, el método que obviamente se utiliza es el de la fertilización foliar. Desde luego, las aplicaciones foliares se hacen en líquido y una vez el cultivo ya se ha desarrollado.

Las aplicaciones al suelo pueden hacerse antes, en o después de la siembra y siempre, o casi siempre, se hacen en sólido. Dependiendo de la manera como se adicione el fertilizante, las aplicaciones serán superficies o localizadas a mayor o menor profundidad en el suelo.

Los nuevos objtivos de la recomendación de fertilizantes

Tal como se enunció inicialmente, es objetivo de la fertilización :obtener los máximos rendimientos con el mínimo de costos.

No obstante la tendencia actual tiende a generar un modelo tecnológico en el cual los objetivos o metas de la fertilización se definen o identifican con los siguientes :

a. Rendimientos altos y sostenidos
b. Costos mínimos

c. Sustitución, hasta donde sea posible, de fertilización por practicas agronómicas que tiendan utilizar eficientemente las fuentes naturales de los elementos en el suelo y en la atmósfera.

d. Mejoramiento de la calidad del producto.

La práctica de la recomendación de fertilizantes

Necesidades de fertilización. Factores incidentes

La ecuación de Fried y Broeshart (3) que relaciona la cantidad de fertilizante o nutrimento a aplicarse con los factores incidentes puede simplificarse en la siguiente forma :

Q = f(S,P,Pp, E)C,(*) en donde :
Q = Cantidad o dosis del nutrimento a aplicar
Q = Cantidad o dosis del nutrimento a aplicarse
S = Nivel de disponibilidad del nutrimento en el suelo
P = Requerimiento nutricional de la planta para el elemento dado
Pp= Potencial de producción del cultivo
E = Eficiencia de la fertilización
C = Costo y rentabilidad de la aplicación

Necesidades de fertilización, calculo estimativo

El cálculo de la dosis recomendable de fertilización deberá hacerse con base en la cuantificación aproximada de los factores incidentes tratados en el acápite(*) esto es : disponibilidad del nutrimento, requerimiento nutricional del cultivo, potencial de producción del cultivo, eficiencia de la fertilización, costo y rentabilidad.

Cuantificación de la disponibilidad nutriconal (S)

Como ya se dijo, la disponibilidad nutriconal se cuantifica a través de los valores del nutrimento aprovechable que se dan en el análisis de fertilidad del laboratorio. Estos valores están expresados usualmente en ppm o en me/100 g y, para fines prácticos del cálculo de las necesidades de fertilización, será necesario expresarlos preferiblemente en términos de kg/ha.

La conversión de ppm o me/100 g a kg/ha debe hacerse tomando a consideración el peso/ha del suelo (15 cm de profundidad), el cual dependerá de la densidad aparente del suelo. Este es un cálculo sencillo; no obstante en el Cuadro 1 se consignan los factores de conversión para los diferentes nutrimentos y para las densidades aparentes más usuales, tanto por una profundidad de 0.15 m, como para una profundidad de arada de 0.20 m. La escogencia de una y otra dependerá de la profundidad promedia de arada en función de la profundidad promedia del sistema radical del cultivo.

De las cifras consignadas en el Cuadro 1, se hace evidente la enorme importancia que tiene la densidad aparente del suelo sobre la disponibilidad cuantitativa nutricional del mismo. Así, por ejemplo, 1 me/100 g de calcio cambiable representará 240 kg/ha de calcio disponible al cultivo en una hectárea arable de 16 cm de profundidad en un suelo cuya densidad aparente sea de 0,8 g/cm^3, pero en el suelo cuya densidad aparente sea de 1.4 g/cm^3, ese mismo miliequivalente de calcio representará 420 kg/ha de Ca-disponible. El significado práctico de está situación es muy claro. Si no se toma en cuenta la densidad aparente la conclusión será que los dos suelos del ejemplo tienen igual cantidad de calcio disponible al cultivo, lo cual constituye un gravísimo error, pues tomando en cuenta esa propiedad resulta que en la realidad el suelo que tiene DA=1,4 g/cm_3 tiene el doble (100% más) de la Ca-disponible que el suelo con Da=0,8 g/cm^3.

En consecuencia, la consideración de la densidad aparente del suelo o sea del peso de la hectárea arable, es forzosa si es que se desea obtener una cuantificación racional de la disponibilidad del nutrimento en el suelo. En nuestro medio, se incurre en el grave error de utilizar para este propósito un peso constante de 2.000.000 de kg/ha para todos los suelos, basándose para ello en el hecho de que la DA promedio de los suelos minerales es de 1,33 g/cm^3. Sin embargo, resulta evidente que esta cifra no deja de ser un promedio y que alrededor de él la variación es amplia. De hecho, es usual encontrar valores de densidad aparente que oscilan entre 0,5 y 1,5 g/cm^3, razón por la cual para ese rango de valores se han tabulado (Cuadro 1) los factores de conversión.

CUADRO 1. Factores de conversión de ppm y me/100 g a kg/ha para diferentes valores de densidad aparente.

Densidad aparente g/cm^3	Para hectárea de 15 cm de profundidad				Para hectárea de 20 cm de profundidad			
	ppm a Kg/ha Multiplicar por	Me/100g a Kg/ha Multiplicar por			ppm a Kg/ha Multiplicar por	me/100 g a Kg/ha Multiplicar por		
		K	Ca	Mg		K	Ca	Mg
0,50	0,75	292,5	150	90	1,0	290	200	120
0,60	0,90	351,0	180	108	1,2	468	240	144
0,70	1,05	409,5	210	126	1,4	546	280	168
0,80	1,20	468,0	240	144	1,6	624	320	192
0,90	1,35	526,5	270	162	1,8	702	360	216
1,00	1,50	585,0	300	180	2,0	780	400	240
1,10	1,65	643,5	330	198	2,2	858	440	264
1,20	1,80	702,0	360	216	2,4	936	480	288
1,30	1,95	760,5	390	234	2,6	1014	520	312
1,40	2,10	819,0	420	252	2,8	1092	560	336
1,50	2,25	877,5	450	270	3,0	1170	600	360

Asumir un peso de dos millones de kilogramos para la hectárea arable (15 cm de profundidad) en un suelo andosólico por ejemplo, resulta en un error particularmente grave, pues estos suelos volcánicos, en razón de su alto contenido de arcillas alofánicas, presentan densidades aparentes menores a la unidad, pudiendo llegar a ser tan bajas como 0,3 g/cm^3, lo que significa que ese tipo de suelos presentan pesos de hectárea arable siempre menores de 1.500.000 kg., pudiendo llegar a ser, en casos extremos de 450.000 kg/ha Por lo tanto, cuando con esos suelos se asume un peso de dos millones de kilos en lugar del real, la disponibilidad de los nutrimentos se está sobreestimando en un 100% o más. Sobre este particular, Forysthe y Díaz-Romeu (2) han desarrollado una discusión muy bien razonada.

Desde luego, que los análisis de laboratorio no incluyen la determinación de la densidad aparente. Resulta no obstante, por lo ya discutido, de obligante necesidad técnica obtener los valores de densidad aparente para los tipos de suelos dominantes de la finca, para cuyo efecto es posible ordenar su determinación en un laboratorio de suelos cercano. De otra parte, eventualmente existen regiones del país, de los cuales se puede extraer una estimación aproximada de la densidad aparente de los suelos, para los cuales se formulará la recomendación de fertilizantes.

Cuantificación de los requerimientos nutriconales del cultivo, ponderados para su potencial de producción estimado (Ppc)

Para la cuantificación aproximada del requerimiento nutricional interno del cultivo, se puede hacer uso de los valores de extracción de nutrimentos para las diferentes especies cultivadas. Estas cifras se encuentran en la literatura y se han recopilado en los Cuadros 2, 3 y 4. Los cuadros 2 y 3 contienen los requerimientos de elementos mayores cuantificados para alcanzar buenos rendimientos y el Cuadro 4 se han consignado los requerimientos relativos (semicuantitativos) para elementos menores.

CUADRO 2. Requerimientos nutricionales de diferentes cultivos para alcanzar buenos rendimientos *

CULTIVO	REQUERIMIENTO NUTRICIONAL (KG/HA Cosecha)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
CEBADA	70	14	60	15	8	10
AVENA	80	15	90	17	20	20
TRIGO	85	15	45	13	20	12
ARROZ	90	10	60	10	7	
MAIZ	170	30	60	23	25	20
PAPA	220	20	240	60	20	12
YUCA	210	40	480	150		
ZANAHORIA	210	20	260	180	15	
NABO	140	15	85	55	17	13
PATATA	6	2	25	2	3	3
REMOLACHA	70	10	85	30	20	8
TOMATE	170	25	275	150	25	22
ESPARRAGO	20	3	10	1		3
CEBOLLA	85	20	80	40		20
REPOLLO	175	30	165	120		40
ESPINACA	100	15	70	30		
COLIFLOR	200	35	210	40		
ALFALFA	170	20	120	175	15	20
TREBOL ROJ.	140	15	90	100	25	10
MANI	150	10	70	70		
SOYA	125	20	55	30	18	10
HABA	110	10	70	90		
FRIJOL	105	10	105	70	10	
PASTOS DE CORTE**	350	70	400	110	70	80

* Adaptado de Fried de Broeshart (13)

** Según Chandler (4). Datos en Kg/ha/año.

CUADRO 3. Requerimientos nutricionales de diferentes cultivos para alcanzar buenos rendimientos * Industriales - Perennes

C U L T I V O	Requerimiento nutricional (Kg/Ha/Cosecha)				
	N	P	K	Ca	Mg
TABACO	120	25	200	80	
PIÑA	150	55	480	110	60
ALGODON	150	40	130		
CAÑA-AZUCAR	145	40	210	120	110
BANANO	60	10	165	10	15
MANZANO	120	15	130		
PERA	155	30	200		
DURAZNO	85	10	70	85	
CAFETO***	70	12	115		
CACAO**	100	20	200	5	
PALMA-COCO	85	20	155	25	
PALMA-ACEITE	90	10	110	25	
NARANJO	240	25	165	220	
LIMON	180	25	155	200	
TE	65	10	30		
CAUCHO	420	26	160		
FIQUE	122	20	150		

* Adaptado de Fried y Broeshart (13)

** Para un rendimiento de 1 Ton/Ha de mazorca, según Omotoso (1975)

***Para un rendimiento de 2.300 Kg/Ha de Café-Cereza, según Ortiz, (1972)

CUADRO 4. Requerimientos relativos de elementos menores para diferentes cultivos*. A: alto; M: Medio; B: Bajo

CULTIVO	Requerimiento nutricional relativo					
	Zn	Fe	Mn	Mo	Cu	B
CEBADA	M	A	M	B	A	B
AVENA	B	M	A	M	A	B
TRIGO	B	B	A	B	A	B
ARROZ	M	A	M	B	B	B
MAIZ	A	M	B	B	M	B
SORGO	A	A	A	B	M	B
PASTOS	B	A	B	B	B	B
PAPA	M		M	B	B	B
ZANAHORIA	B		M	B	A	M
REMOLACHA	M	A	A	M	A	A
TOMATE	M	A	M	M	M	M
ESPARRAGO	B	M	B	B	B	B
REPOLLO		M	M	M	M	M
ESPINACA		A	A	A	A	M
COLIFLOR		A	M	A	M	A
APIO			M	B	M	A
PEPINO			A		M	B
LECHUGA			A	A	A	M
ALFALFA	B	M	M	M	A	A
TREBOLES	M		M	A	M	M
SOYA	M	A	A	M	B	B
FRIJOL	A	A	A	B	B	B
ARVEJA	B		A	M	B	B
ALGODON	A			B	M	M
NARANJO	A	A	A	M	A	B
MANZANO	A		A	B	M	A
DURAZNO	A		A	B	M	M
VID	B	A	A	B		M
FRESA		A	A		M	M

*Adaptado de Lucas y Knexek (24).

SOCIEDAD AGRONÓMICA DE COLOMBIA

Recomendación de fuente fertilizante

Para recomendar fuente se deberá siempre tener en mente un objetivo :alcanzar el máximo de eficiencia en la fertilización. De tal suerte que la escogencia de fuente deberá hacerse tomando en consideración los factores que afectan la eficiencia y, en relación a ello, las características del compuesto fertilizante (Ver Cuadros 5, 6, y 7).

CUADRO 5. Fuentes fertilizantes nitrogenadas de mayor importancia en Colombia y sus condiciones de uso

FUENTE	FORMULA	CONTENIDO	Condiciones de uso en relación a la eficiencia de la fertilización.
Urea **	$Ca(NH_2)_2$	46	En el suelo hidroliza formando NH4 y luego este catión se oxida para formar NO_3 dejando un residuo ácido. Puede ser poco eficiente en suelos con débil nitrificación. En suelos con pH 7.0 las aplicaciones superficiales pueden generar pérdidas acentuadas de N por volatilización. Es 100% soluble.
Sulfato de Amonio	$(NH_4)_2SO_4$	20% N 24% S	Al llegar al suelo libera NH_4 el cual puede ser nitrificado para formar NO_3 o ser retenido por las micelas, por lo cual tiene buena persistencia en el suelo. Es buena fuente de S. Acidifica el suelo y cuando su uso es continuado habrá necesidad de encalar. En suelos de baja CIC de regiones lluviosas puede causar una debasificación.
Nitró-26	NH_4NO_3	26	Provee las dos formas de N, NO_3 y NH_4 de rápida y lenta aprovechabilidad respectivamente, lo cual puede constituir una ventaja. Es muy higroscópico y por lo ello su aplicación debe ser inmediata a la apertura de los empaques. Con aceites forma una mezcla explosiva. Tiene reacción ácida.
Nitrato de sodio	$NaNO_3$	16	Debido a que el portador es NO_3, el cual es fácilmente lixiviado, su persistencia en el suelo es precaria, lo cual determina una muy baja eficiencia en suelos livianos de regiones lluviosas.No es acidificante. El N presente es facilmente absorbido por las plantas.No es apto para su aplicación en cultivos de arroz de inundación.

CUADRO 6.. Fuentes fertilizantes fosfatadas de mayor importancia en Colombia y sus condiciones de uso.

FUENTE	FORMULA	CONTENIDO P_2O_5 %	Condiciones de uso en relación a la eficiencia de la fertilización
Superfosfato Triple	$Ca(H_2PO_4)_2$	46 14% Ca	Prácticamente, la totalidad (95-98%) de su P es soluble en agua, Normalmente es granulado. En suelos altamente fijadores de P (oxisoles, andosoles, ultisoles) debe aplicarse en forma localizada del producto granulado.Su aplicación en polvo ofrece una eficiencia mínima. En suelos muy ácidos,incluyendo andosoles,el encalado moderado puede aumentar su eficiencia.
Superfosfato Simple	$Ca(H_2PO_4)_2$ $CaSO_4$	22 10% S 20% Ca	Sus condiciones de uso son iguales al superfosfato triple,excepto que su contenido de S la califica como fuente indicada para suelos deficientes en P y S. Como desventaja se puede anotar su bajo contenido de P en comparación al superfosfato triple.
Fosfato de Amonio (Mono)	$NH_4H_2PO_4$	48 11% N	Los fosfatos de amonio son 100% solubles en agua,por lo cual deben observarse las mismas normas de uso que para los superfosfatos en suelos altamente fijadores del P. Provee y N y P cuya interacción es muy importante en cultivos tropicales. Fuente muy apropiada para suelos no deficientes en K.
Escorias Thomas Calfos	Fosfosilicatos Calcio	14 32% Ca	Su solubilidad en agua es nula o muy baja, lo que hace que su aprovechamiento por la planta sea lento. Fuente eficiente en suelos con pH menor de 5,5 y altamente fijadores de P. Su aplicación debe hacerse mezclando bien el producto con el suelo 15-30 días antes de la siembra. Alto poder residual. Muy útil para pastos,cultivos de ciclo largo y perennes.
			En razón de su muy baja solubilidad en agua y en citrato su aprovechamiento

CUADRO 6 . Fuentes fertilizantes fosfatadas de mayor importancia en Colombia y sus condiciones de uso.

FUENTE	FORMULA	CONTENIDO P_2O_5 %	Condiciones de uso en relación a la eficiencia de la fertilización
Roca fosfórica 22	Apatitas	22	por los cultivos de ciclo corto es nulo.Su uso es factible en suelos con pH menor de 5.0 para cultivos de ciclo largo perenne o pastos,cuando se aplica finamente dividida y bien mezclada con el suelo. Su uso en fabricación de "compost" puede incrementar la aprovechabilidad del P.

CUADRO 7 . Fuentes fertilizantes potásicas de mayor importancia en Colombia y sus condiciones de uso.

FUENTE	FORMULA	CONTENIDO P_2O_5 %	Condiciones de uso en relación a la eficiencia de fertilización.
Cloruro de potasio	KCL	60	En el más comunmente usado. Su solubilidad es del 100%.Conviene a todos los suelos y a la mayoría de los cultivos, excepto a aquellos que son sensibles al cloro como papa, tomate y tabaco.
Sulfato de potasio	K_2SO_4		Es 100% soluble en agua. Conviene para suelos deficientes en S. Se debe usar para cultivos sensibles a cloro,como papa, tomate y tabaco.

Recomendación de época de aplicación del fertilizante

Al igual que el caso de la fuente, el objetivo de una época apropiada de aplicación del fertilizante es el de alcanzar la máxima eficiencia de la fertilización con un mínimo de dosis y trabajo.

Epoca de aplicación de N

La época más oportuna de aplicación del fertilizante nitrogenado depende del tipo de fuente utilizada, de las condiciones del suelo, del clima y del cultivo.

Un aspecto que fundamentalmente decide sobre el número de aplicaciones de N es la intensidad del fenómeno de lixiviación. En suelos de textura liviana, donde obviamente la CIC es relativamente baja, la movilidad del nitrógeno es muy intensa, lo que trae como consecuencia que gran parte del mismo se pierda por lixiviación antes de que el cultivo lo utilice. Esta circunstancia determina que en suelos arenosos de regiones lluviosas sea necesario aplicar el N en forma fraccionada.

Sin embargo, la mobilidad del NO_3 es mucho mayor que la del $NH+_4$, en razón de que éste, siendo un catión, puede ser retenido por el complejo de cambio cosa que no ocurre con el NO_3, a menos que en el suelo abunden coloides anfotéricos (andosoles, oxisoles) en cuyo caso se presenta el fenómeno de retención aniónica. De todas maneras, la necesidad de aplicar el N fraccionado se acentúa cuando la fuente es de naturaleza nítrica.

En la literatura abunda la información relativa a estudios comparativos entre aplicaciones fraccionadas de N y una sola aplicación. En la inmensa mayoría de los casos, se han conseguido los mayores rendimientos en los cultivos cuando la dosis de aplicación de N se ha fraccionado en dos aplicaciones fraccionadas a lo largo del año resultan en mayor producción de forraje que una sola aplicación por año. No obstante, en dosis de aplicación muy alta es posible que el beneficio de la aplicación fraccionada desaparezca.

Para las condiciones de Colombia, los resultados experimentales que sobre

el particular se han obtenido en diferentes cultivos, confirman las tendencias anteriores. En efecto de la reciente compilación realizada por Marín (7), se concluye que en cultivos como arroz, maíz, sorgo de grano y ajonjolí se obtienen mayores rendimientos cuando la fertilización nitrogenada se hace fraccionada en dos o tres aplicaciones que cuando se aplica en una sola vez. El Cuadro 8 resume la información obtenida para las mejores épocas de aplicación en cada cultivo.

En síntesis, en lo pertinente a la fertilización nitrogenada es obligante considerar lo relacionado a época de aplicación, porque en ello va involucrado una buena parte de la eficiencia de la fertilización. En términos generales, entre más liviano sea el suelo y entre más lluviosa sea la región, mayor será el beneficio de la aplicación fraccionada de nitrógeno.

CUADRO 8. Mejores épocas de aplicación de N para diferentes cultivos y regiones de Colombia, de acuerdo a resultados experimentales*

CULTIVO	RENGLON	Dosis de N kg/ha	Mejor época de aplicación. Días despues de la siembra
Arroz IR-22	Sur Cesar	150	30 (1/2) - 50 (1/2)**
Arroz CICA-4..	Sur Cesar	150	30 (1/2) - 50 (1/2)
Arorz CICA-4	Córdoba	200	S (1/4) -30(1/4)-50(1/4)-70(1/4)
Maíz	Palmira		20(1/2) -40 (1/2)
Maíz H-104	Tolima	60	S(V3)-25 (1/3) - 50 (1/3)
Maíz	Santander	150	S (1)
Sorgo	Tolima	50	S (1/2) - 25 (1/2)
Ajonjolí	Nataima	25	S (1/2) R (1/2)
Algodón	Llanos	1R(1/3-2R (2/3)	
Algodón	Tolima-Costa	30-45 (1)	
Arroz-riego	Zonas arroceras		20 (1)macollamiento (1/4 inic. embuch (1/4)inc.floración (1/4)

* Adaptado de Marín (7). ** La fracción entre paréntesis indica la proporción de la dosis aplicada en cada época.
S: Momento de la siembra. R: Momento del raleo.

Epoca de aplicación de fósforo

Es de muy amplia aceptación el concepto de que gracias a la escasa movilidad del fósforo en el suelo, no es necesario fraccionar la aplicación como fertilizante. Por el contrario, en el caso del P se considera más bien su aplicación está ligada a un efecto residual más o menos prolongado.

En base a lo anterior, se da por sentado que en cultivos de ciclo corto es suficiente una sola aplicación de fósforo para mantener un nivel de disponibilidad adecuado a lo largo de su período vegetativo. En general, cuando se trata de fertilizantes fosfatados de alta solubilidad la aplicación de P se hace en el momento de la siembra y en forma localizada para atenuar el efecto de la fijación.

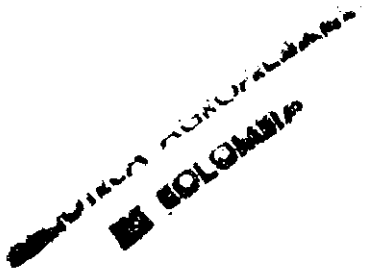
Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que la intensidad del fenómeno de fijación de fosfatos, particularmente acentuado en suelos como los andosoles y oxisoles, determine la conveniencia de fraccionar la dosis de aplicación de P a lo largo del ciclo de cultivo, para garantizar un nivel sostenido de disponibilidad de éste elemento durante las épocas de mayor demanda. Desafortunadamente, hasta el momento esta afirmación es solamente hipotética, pues no ha sido objeto de investigación.

Lo que si está muy bien establecido es que cuando se utiliza para la fertilización fosfatada fuentes de baja solubilidad, tales como el Calfos y la Roca fosfóricas, es muy recomendable que la aplicación se realice con antelación a la siembra (15-30 días), con el objeto de permitir que el producto aplicado tenga tiempo para solubilizar suficiente P para sostener el desarrollo del cultivo de sus primeros estados de desarrollo.

Epoca de aplicación de potasio

El potasio presenta la situación más sencilla con respecto a la época de aplicación como fertilizante. Se dá por sentado que una sola aplicación de este elemento en el momento de la siembra asegura un adecuado suministro de K al cultivo durante su desarrollo. Quizá la excepción puede estar en el caso de cultivos de ciclo largo, y altamente exigentes de potasio, como la yuca, que

al desarrollarse bajo condiciones de suelos livianos y altos niveles de precipitación pluvial, pueden requerir más de una aplicación de potasio.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BLACK, C.A. Soil-plant relationships. Sec. ed. New York. John Wiley, 1968. 792 p.

2. FORSYTHE, W. y DIAZ-ROMEU. La densidad aparente del suelo y la interpretación de análisis de laboratorio para el campo. Turrialba 19 (1): 128-131. 1969.

3. FRIED, M y BROESHART. The soil-Plant System in relation to inorganic nutrition. New York. Academic Press, 1967. 358 p.

4. GOMEZ, J.A. El nitrógeno en cultivos de climas cálidos. In Medina. H. ed. El uso del nitrógeno en el trópico. Bogotá. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1972. pp. 241-276.

5. _____. Aspectos generales acerca de las fuentes comunes de N, P y K para uso agrícola. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 1976. 10 p. En mimeógrafo.

6. IGNATIEF, V. y PAGE. H.J. El uso de los fertilizantes. Roma. FAO. 1959. 379 p.

7. MARIN, G.M. El uso eficiente del nitrógeno en Colombia. Bogotá, ICA, Programa Nacional de Suelos. 1974. 61 p. En mimeógrafo.

8. _____. et al. El análisis de suelos y las recomendaciones de fertilizantes y cal. Tercera aproximación. Bogotá, ICA, Programa Nacional de Suelos. Bol. Tec. No.34. 1975. 26 p.

9. TISDALE, L.S. y NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. New York Macmillan, 1967. 694 p.

10. VOLSIN, A. Nuevas leyes científicas en la aplicación de los abonos . Madrid. Tecnos. 1970. 150 p.