

La investigación realizada por la Federación Nacional de Algodoneros y por el ICA, indica que el uso de fertilizantes en el cultivo del algodón es necesario para corregir deficiencias que presentan los suelos, con lo cual se logra incrementar los rendimientos y mejorar la calidad de la fibra. Las deficiencias más frecuentes en el Valle cálido del Alto Magdalena se relacionan principalmente con nitrógeno, azufre, potasio, boro y zinc; mediante el análisis químico de los suelos se puede diagnosticar la necesidad de fertilizar y establecer las dosis de nutrientes más apropiadas para el algodónero.

MANEJO DE LOS SISTEMAS DE FERTILIZACION EN EL ALGODONERO. INTERPRETACION DEL ANALISIS DE SUELOS Y RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION

ALBERTO FRYE C

Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Universidad del Tolima.

Fundamentos

El uso racional y sostenible del suelo interactúa positivamente con la fertilización: el manejo que se haga del suelo debe permitir conservar sus buenas características y debe mejorar las que estén deterioradas. Estas son algunas de las labores recomendables:

- rotación de cultivos
- utilización de abonos verdes
- hacer una labranza que no promueva pero que sí elimine la compactación y el encostramiento
- si el suelo no tiene factores limitantes, establecer una cubierta vegetal y hacer siembra directa
- no quemar los residuos de cosecha y utilizar los como cubierta orgánica o incorporarlos al suelo
- realizar análisis de suelos como base para una fertilización completa y equilibrada
- comprobar el estado nutricional del cultivo y hacer ajustes en la fertilización con análisis foliares
- hacer una selección y un manejo adecuado de los fertilizantes.

El manejo óptimo e integral del cultivo también interactúa con la fertilización y es un requisito para obtener la mayor eficiencia con ella; todas las labores deben realizarse oportuna y correctamente; así:

- La fertilización no sustituye ni compensa las fallas que ocurran con otras prácticas agronómicas; el mayor efecto de la fertilización se obtiene cuando las otras labores se realizan bien.
- Las dosis de fertilizantes deben reducirse cuando existan condiciones limitantes para el manejo del cultivo (tecnología limitada).

Debe hacerse una interpretación correcta de los análisis de suelos: en el manejo de los resultados de los análisis de suelos debe tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Ningún procedimiento químico puede determinar los nutrimentos realmente aprovechables.
- Sólo pueden determinar cantidades proporcionales a las realmente disponibles.

- Así, la interpretación correcta de un análisis debe ser cualitativa, como capacidad de suministro, calibrada según la probabilidad de respuesta y en relación con el rendimiento relativo sin aplicar el elemento. Obsérvense los tres criterios más utilizados para interpretar los análisis de suelos. Tabla 1.

Tabla 1. Criterios para interpretación de los análisis de suelos.

Valores del análisis Rangos	Capacidad Suministro Disponibilidad	Probabilidad Respuesta %	Rendimiento relativo %
Menor que Muy Baja	Muy Baja	> 95	< 60
Entre MuyBajay Baja	Baja	80 a 95	60 a 75
Entre Baja y Alta	Dudosa (Media)	40 a 60	75 a 85
Entre Alta y Muy Baja	Adecuada	5 a 20	85 a 100
Mayor que Muy Alta	Muy Alta	< 5	90 a 100

Interpretación, análisis y dosis de nitrógeno.

Como base para la fertilización nitrogenada se tienen en cuenta el contenido de materia orgánica en el suelo y la necesidad relativa de N. La necesidad relativa alta de N se presenta

bajo estas condiciones: dosis altas de P y K, alto rendimiento, riego, C.I.C. alta, pérdidas altas de N, limitaciones en la nitrificación. Tabla 2.

Tabla 2. Necesidad relativa del N según contenido de materia orgánica en el suelo

Interpretación Disponibilidad	Materia orgánica %	Fertilización	
		Necesidad relativa Alta	Necesidad relativa Normal
Muy Baja	< 1	120 - 150	100 - 120
Baja	1 a 1.5	100 - 120	80 - 100
Media	1.5 a 2	70 - 90	50 a 70
Adecuada	> 2	50 a 70	30 a 50

Interpretación, análisis y dosis de fósforo.

Para interpretar la disponibilidad de fósforo en suelos algodoneros y determinar su necesidad de fertilización se

tienen en cuenta los resultados de los métodos Bray I o Bray II y la necesidad relativa de fósforo. Tabla 3.

Tabla 3. Determinación de fertilización fosfórica.

Interpretación Disponibilidad	P extractable (ppm)		Fertilización P ₂ O ₅ kg/ha	
	Bray I	Bray II	Necesidad relativa Alta	Necesidad relativa Normal
Muy baja	< 5	< 8	60 a 75	45 a 60
Baja	5 a 10	8 a 15	45 a 60	30 a 45
Media	10 a 20	15 a 22	30 a 45	15 a 30
Adecuada	> 15	> 22	0 a 25	0 a 15

La necesidad relativa alta de P se presenta bajo las siguientes condiciones : pH ácido o alcalino, contenidos altos de Al, Fe o Ca activos, materia orgánica baja, presencia de carbonatos libres.

Interpretación, análisis y dosis de potasio

La interpretación de la disponibilidad de K y la fertilización correspondiente se deben hacer considerando el contenido de K intercambiable (relación directa con la disponibilidad) como alguna de sus relaciones con Ca y Mg o con la C.I.C. (% saturación);

se propone la relación $(Ca + Mg)/K$ o el índice de disponibilidad de potasio $(K/V(Ca+Mg)/2)$, de tal manera que a mayor valor de aquella o menor de este, la disponibilidad de K será menor y, por tanto, mayor la dosis a aplicar del elemento al algodónero. Tabla 4.

Tabla 4. Determinación de fertilización potásica

Categoría	Rangos críticos			Fertilización
	Potasio me/100g	Ca+Mg %	K (0.5x(Ca+Mg)) ^{1/2}	kg/ha K ₂ O
Muy bajo	< 0.2	> 70	< 0.06	90 a 120
Bajo	< 0.2	50 a 70	0.06 a 0.1	70 a 90
Medio	< 0.2	< 50	> 0.1	50 a 70
Bajo	0.2 a 0.3	> 50	< 0.1	80 a 90
Medio	0.2 a 0.3	35 a 50	0.1 a 0.12	40 a 60
Adecuado	0.2 a 0.3	< 35	> 0.12	0 a 30
Medio	> 0.3	> 40	< 0.11	0 a 40
Adecuado	> 0.3	< 40	> 0.11	0

Interpretación análisis y dosis de Calcio y Magnesio

Los fundamentos para interpretar Ca y Mg son similares a los utilizados para K, pero en este caso se complementa el dato de su contenido intercambiable con la relación Ca / Mg, así :

Para Ca : a medida que éste o que la citada relación disminuyen, es menor

su disponibilidad y mayor la necesidad de Ca en la fertilización.

Para Mg : a medida que éste disminuye o que la relación Ca/Mg aumenta, disminuye la disponibilidad de Mg, aumentando su necesidad en la fertilización. Tabla 5.

Tabla 5. Determinación de fertilización de Ca y Mg

Categoría	Factores Calcio		Factores Magnesio		Fertilización (kg/ha)	
	meq/100 g	Ca / Mg	meq / 100 g	Ca / Mg	Ca	Mg
Muy bajo	< 1.5	< 2	< 0.7	> 6	80 a 100	16 a 20
Bajo	< 1.5	2 a 3	< 0.7	5 a 6	60 a 80	12 a 16
Medio	< 1.5	> 3	< 0.7	< 5	40 a 60	8 a 12
Bajo	1.5 a 2.5	< 3	0.7 a 1.2	> 5	50 a 70	10 a 14
Medio	1.5 a 2.5	3 a 5	0.7 a 1.2	3 a 5	30 a 50	6 a 10
Adecuado	1.5 a 2.5	> 5	0.7 a 1.2	< 3	0 a 20	0 a 4
Medio	> 2.5	< 4	> 1.2	> 4	0 a 40	0 a 8
Adecuado	> 2.5	> 4	> 1.2	< 4	0	0

(*) La interpretación para cada elemento se establece simultáneamente con su valor en meq/100 g y con una de las relaciones planteadas en sus rangos críticos respectivos.

Interpretación, análisis y dosis de azufre

El azufre extractable ("disponible"), obtenido con las soluciones tanto de Morgan (acetato de sodio + ácido acético) como la de Fosfato monocálcico 0.008 M, es similar y ha dado niveles críticos también similares, que son la base para la fertilización.

La necesidad relativa alta se presenta cuando los contenidos de materia orgánica son bajos, especialmente en suelos arenosos, y en todas las demás condiciones anotadas para requerimiento alto de nitrógeno. Tabla 6.

Tabla 6. Determinación de la fertilización de Azufre

Interpretación Disponibilidad	S extractable (ppm.)	Fertilización (kg S/ha)	
		Necesidad Relativa Alta	Necesidad Relativa Normal
Muy baja	< 3	50 - 70	30 - 50
Baja	3 a 6	30 - 50	15 - 30
Media	6 a 12	15 - 30	7 - 15
Adecuada	> 12	0 - 15	0 - 7

Interpretación análisis y dosis de elementos menores

La interpretación de la disponibilidad de los elementos menores y la determinación de las dosis correspondientes se hacen considerando simultáneamente tanto el contenido del elemento por un método específico como las condiciones de suelo, clima y manejo del cultivo que puedan afectar su disponibilidad.

Obsérvese la información general para tres métodos de análisis de los catiónicos (Cu, Zn, Fe y Mn) y dos para Boro, dando los valores del rango crítico medio y considerando condiciones normales o desfavorables (valores del análisis inferiores al rango crítico son bajos y superiores a él son adecuados). Tabla 7.

Tabla 7. Determinación de la fertilización de elementos menores

Métodos de extracción	Micronutrientes				
	Boro	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso
	Rangos críticos medios, entre deficiencia y suficiencia				
			ppm	(°)	
Doble ácido		0.7-0.9	2-2.5	12-15	15-20
		1-1.2	2.5-3	16-20	20-25
Olsen modificado		1-1.3	2-2.5	30-35	7-9
		1.4-1.7	2.5-3	40-45	10-12
DTPA		0.2-0.25	1-1.5	3-3.5	1.2-1.5
		0.3-0.35	1.5-2	4-4.5	1.6-2
Agua caliente	0.25-0.3				
	0.35-0.4				
Ca (H ₂ PO ₄) ₂	0.3-0.35				
	0.4-0.45				

(*) El rango de la izquierda para cada elemento y método se aplica a suelos y condiciones normales para la disponibilidad ; el de la derecha , a desfavorables

En suelos algodoneros del Tolima los factores desfavorables mas comunes son : p H mayor de 6.7 , contenidos muy altos de Ca, Mg, K o P, presencia de carbonatos libres, encalamiento, materia orgánica muy baja, suelos arenosos secos, suelos húmedos, compactación, fertilizaciones altas con N, P o K, abonamiento orgánico muy alto.

Para la dosificación de los elementos menores debe tenerse en cuenta que al utilizar quelatos las dosis requeridas

son inferiores a las presentadas en la tabla 8; por otra parte, al hacer el tratamiento combinado de aplicación edáfica y aplicación foliar, que es la forma mas eficiente y segura de corregir una deficiencia de menores, la dosis requerida es inferior; dentro del rango de dosis que se presenta para los diferentes casos los valores mayores (por encima de la mitad del rango), deben utilizarse cuando existan condiciones desfavorables; en la parte inferior de la tabla se informa sobre estos aspectos.

Tabla 8. Determinación de fertilización de micronutrientos.

Disponibilidad	Sistema fertilización	Micronutrientos				
		Boro	Cobre	Zinc	Hierro	Manganeso
	(*)	kg/ha de elementos como Sulfatos o como Boratos (**)				
	Edáfica	1 a 1.5	1.5 a 2.5	3 a 5	6 a 10	8 a 12
Baja						
	Edáfica y foliar	0.4 a 0.6 + 0.3	0.7 a 1 + 0.4	1.3 a 2 + 0.6	2.6 a 4 + 0.8	3.3 a 5 + 1
	Edáfica	0.5 a 1	0.7 a 1.5	1.5 a 3	3 a 6	4 a 8
Medio						
	Edáfica y foliar	0.2 a 0.4 + 0.2	0.3 a 0.6 + 0.3	0.6 a 1.2 + 0.4	1.3 a 2.5 + 0.6	1.6 a 3 + 0.7
	Edáfica	0 a 0.3	0 a 0.4	0 a 1	0 a 2	0 a 3
Adecuada						
	Edáfica y foliar	0 a 0.15 + 0.15	0 a 0.2 + 0.2	0 a 0.4 + 0.3	0 a 0.8 + 0.4	0 a 1 + 0.5

*) Bajo condiciones desfavorables, la dosis edáfica estará comprendida entre la media del rango y su límite superior.

(**) Si la fuente a utilizar es un quelato, en suelos sin Ca ni Fe excesivos, la dosis edáfica puede ser un 25 % a 30 % y la foliar, un 50% a 60% de las anotadas.

Plan general de fertilización

Con base en el establecimiento de siete combinaciones de fertilización N-P-K posiblemente más frecuentes en suelos algodoneros del Tolima, en la tabla siguiente, se presentan dos alternativas de fertilización ; una con fertilizantes compuestos, combinando los de relación 1:2:0.5 o 1:3:1 con los de la relación 1:1:1 o 1:2:2, mas cierta cantidad complementaria

de simples (KCl , SAM,UREA); la otra alternativa es sólo con fertilizantes simples.

Mediante letras ubicadas debajo de cada fuente fertilizante, se establece la época y sistema de aplicación mas recomendable para cada uno de ellos, con descripción que se hace al pie de la tabla.

PLAN GENERAL PARA LA FERTILIZACIÓN DEL ALGODONERO EN EL TOLIMA										
N- P ₂ O ₅ -K ₂ O (Aproximado (+)) kg / ha	Fertilizantes compuestos y simples ⁽⁺⁾					Fertilizantes simples				KNO ₃
	1:2:5:0	1:1:1:0	KCl	SAM	UREA	DAP	XG	SAM	UREA	Aspersión Foliar
	1:2:1	1:2:2								
	(*) a, b	(*) a, b	(*) c	(*) c	(*) c, d	(*) a, b	(*) b, c	(*) c	(*) c, d	(*) e
	Bultos 50 kg /ha					Bultos de 50 kg /ha				% Solución (kg / 100 lt)
75-15-15		2		1,5	2	0,7	0,5	1,5	2,5	
80-22-16	0,5	2		1,5	2	1	0,5	1,5	2,5	
80-22-45	0,5	2	1	1,5	2	1	1,5	1,5	3	Terrestre
85-22-61	0,5	2	1,5	1,5	2,3	1	2	1,5	3	3 A 4
85-45-90	1,5	3,5		1,5	1,5	2	1	1,5	3	Aéreo
90-45-60	1,5	3,5	1	2	1,5	2	2	2	3	10 A 12
90-45-90	1,5	3,5	1,5	2	1,5	2	3	2	3	

(+) El compuesto de relación 1:3:1 aporta más P y menos N y K que lo estipulado:
 el de relación 1:2:2 aporta más P y K pero menos N.

Épocas y sistemas de aplicación

a : en banda, con la siembra b : por surcos, en los primeros 15 días de e c : por surcos, entre 15 y 30 días de e
 d : por surcos, entre los 30 y 60 días de e e : aspersiones semanales desde floración hasta formación capsular

Conclusiones

- Los mejores resultados y la mayor eficiencia de la fertilización sólo se obtienen con un manejo adecuado e integral del cultivo en todos los aspectos de suelo, planta y agua.
- En el aspecto de manejo integral del suelo, se deben realizar labores que conduzcan a un mejoramiento de sus condiciones físicas y químicas y de su naturaleza bioorgánica.
- Así, es necesario realizar labores apropiadas de adecuación y preparación de suelos, siembra, uso de acondicionadores y correctivos, con utilización óptima de residuos de cosecha y de abonos verdes.
- La fertilización tiene que ser completa y equilibrada con base en análisis de suelos y / o en análisis foliares, utilizando las fuentes, épocas y sistemas de aplicación que determinen una mayor eficiencia.

BIBLIOGRAFIA

- FRYE C., A. 1991. Algodonero. En: Fertilización de cultivos en clima cálido. Guerrero R., ed. Monómeros ColomboVenezolanos S.A. 2ª ed. Gráficas Aguilera. Santafé de Bogotá. p. 66-87.
- FRYE C., A. y KAIRUZ, G. 1990. Manejo de suelos y uso de fertilizantes. En: Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia. Federación Nacional de Algodoneros, 4ª ed. Ed. Guadalupe. Santafé de Bogotá. p.113 - 202.

ICA, 1992, Fertilización en diversos cultivos, quinta aproximación, Manual de asistencia técnica N° 25, Centro de investigación Tibaitatá, Produmedios, Santafé de Bogotá. 63 p.