

Tercera parte



Foto: Jhon Jiménez.

Calidad fisicoquímica de las fuentes de nutrientes

<https://doi.org/10.56866/9789588360997.03>

Nolver Arias y Jhon Jiménez-Vera



Uno de los componentes clave para el éxito de los programas de nutrición de las plantas es que las fuentes fertilizantes utilizadas cumplan con las características apropiadas en términos de calidad física (para permitir una adecuada aplicación) y química (para suministrar las cantidades de nutrientes en los tiempos requeridos por el cultivo). Por tanto, resulta relevante la ejecución de muestreos para evaluar si efectivamente las fuentes empleadas contienen las cantidades expresadas en sus respectivas fichas técnicas.

En esta unidad se presentan los procedimientos para el muestreo de las fuentes fertilizantes, la norma técnica aplicable y las tolerancias permitidas con respecto a los contenidos de nutrientes, al igual que también se señalan las características físicas deseables para facilitar su aplicación.

Herramientas e insumos necesarios para el muestreo

Para ejecutar un adecuado proceso de muestreo es necesario contar con las herramientas e insumos apropiados para garantizar la representatividad de la muestra y que conserve las condiciones al momento de la toma de las submuestras.

Los elementos necesarios para efectuar un muestreo de fertilizantes sólidos son:

- Sonda o tubo muestreador sencillo (de una sola entrada) o de doble tubo (con múltiples entradas) (Figura 31).
- Balde plástico limpio para la mezcla de las submuestras.



Figura 31. Dispositivo muestreador de fertilizantes.

- Bolsas plásticas para el empaque y conservación de muestras.
- Etiquetas para el rotulado de muestras.
- Balanza o gramera para determinar la cantidad de muestra a enviar al laboratorio.

Es importante destacar que el muestreador de doble tubo con “muescas”, al presentar múltiples orificios, facilita y garantiza que la toma de la muestra de todas las secciones en el punto de muestreo sea homogénea.

Métodos de muestreo por tipo de presentación (empaque)

El sistema de muestreo depende del tipo de empaque o presentación utilizada para las diferentes fuentes de nutrientes. Teniendo en cuenta que las presentaciones sólidas son las empleadas con mayor frecuencia en cuanto a formas de muestreo, en adelante, se hará referencia a este tipo de fuentes, es decir, fuentes fertilizantes en estado sólido.

Muestreo en sacos o bultos de 50 kg

Comercialmente la presentación más usada es la de sacos o bultos de 50 kilogramos (kg) (Figura 32). Todos los bultos de un mismo grado o tipo, tomados de un solo grupo de fabricación, constituyen un lote de fertilizantes. Los bultos seleccionados para el muestreo deben estar en buena condición externa (Fairhurst y Hårdter, 2003). Por tanto, es importante tener en cuenta el correcto almacenamiento y que favorezca la preservación de las características físicas y químicas del producto. También hay que considerar que es necesario facilitar el acceso al momento de ejecutar el muestreo para evaluar la calidad de los fertilizantes.



Figura 32. Almacenamiento de fertilizantes en bodega.

- **Tamaño de muestra:** el número de submuestras es importante para garantizar la representatividad de la muestra que se enviará al laboratorio para el respectivo análisis. Este número depende de la cantidad de bultos o sacos de fertilizantes a los que se les desea evaluar su calidad (Tabla 8).

Tabla 8. Número de submuestras en función de la cantidad de bultos que conforman el lote de fertilizantes a evaluar (ICONTEC, 2018).

Tamaño del lote de fertilizantes	Número mínimo de unidades de muestreo
Hasta 4 bultos	Todos los bultos
Entre 4 y 10 bultos	4
Entre 10 y 400 bultos	El número entero más próximo por encima de la raíz cuadrada del número de bultos que conforman el lote de fertilizantes
Más de 400 bultos	20

- **Proceso de toma de submuestras:** para fertilizantes en sacos o bultos, generalmente de 50 kg, es recomendable que su disposición al momento de la toma de las submuestras sea horizontal. Posteriormente se introduce el tubo de muestreo, con las muescas debidamente abiertas, de manera diagonal en relación con los extremos opuestos de los sacos (Figura 33). Una vez la punta del tubo muestreador ha tocado el extremo más lejano del bulto se procede a cerrar las muescas del tubo y se extrae su contenido. Finalmente, el contenido se deposita en un balde.

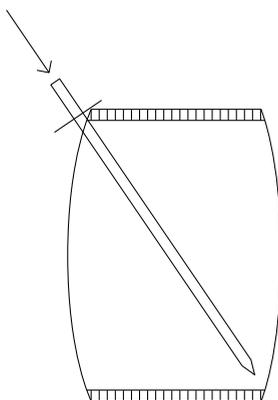


Figura 33. Ilustración para la toma de submuestra de fertilizantes en presentación de bultos o sacos.

Muestreo en bultos grandes o *big bags*

- **Tamaño de muestra:** con la presentación de los fertilizantes en bultos grandes o *big bags* (Figura 34), la recomendación es hacer un muestreo por cada uno de los bultos, teniendo en cuenta que la capacidad de este tipo de empaques oscila entre 500 y 1.000 kg (1 tonelada (t)).



Figura 34. Fertilizante en *big bags* o bultos grandes. Especialmente recomendado para aplicaciones mecanizadas. Foto: Fanhor Menza y Geison Rojas.

- **Proceso de toma de submuestras:** la recomendación es tomar, por lo menos, tres submuestras por unidad seleccionada. Es decir, una en la mitad del bulto y las otras dos hacia los extremos de manera oblicua y similar al descrito anteriormente para el caso de bultos de 50 kg (Figura 35).

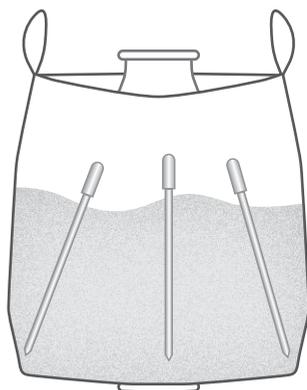


Figura 35. Ilustración para la toma de submuestra en fertilizantes en presentación de bolsas grandes o *big bags*.

Muestreo en fertilizantes a granel

- **Tamaño de muestra:** es posible que, en algunas plantaciones, especialmente aquellas cercanas a los puertos marítimos, se compren fertilizantes a granel (Figura 36). En este caso, para volúmenes de hasta 25 t la recomendación es tomar por lo menos 10 submuestras. Para volúmenes entre 25 y 400 t, se recomienda el uso de la Ecuación 5. Para más de 400 t, el número mínimo de submuestras sugerido es de 40 (ICONTEC, 2018).

$$X = \sqrt{4 * n} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

En donde:

- | | | |
|-----|---|----------------------------------|
| X | → | Número de submuestras a tomar. |
| n | → | Número de toneladas a muestrear. |



Figura 36. Fertilizantes dispuestos a granel. Foto: Mario Navas.

- **Proceso de toma de submuestras:** para los fertilizantes a granel, la recomendación es tomar 12 puntos de muestreo ubicados en la parte superior, media e inferior (4 para cada una de estas partes) (Figura 37). Con esto se busca cubrir posibles variaciones, especialmente en los fertilizantes compuestos. En general, se aconseja que el peso total de la “pila” a muestrear no sea superior a 5 t. Si es el caso, sería necesario incrementar el número de submuestras.

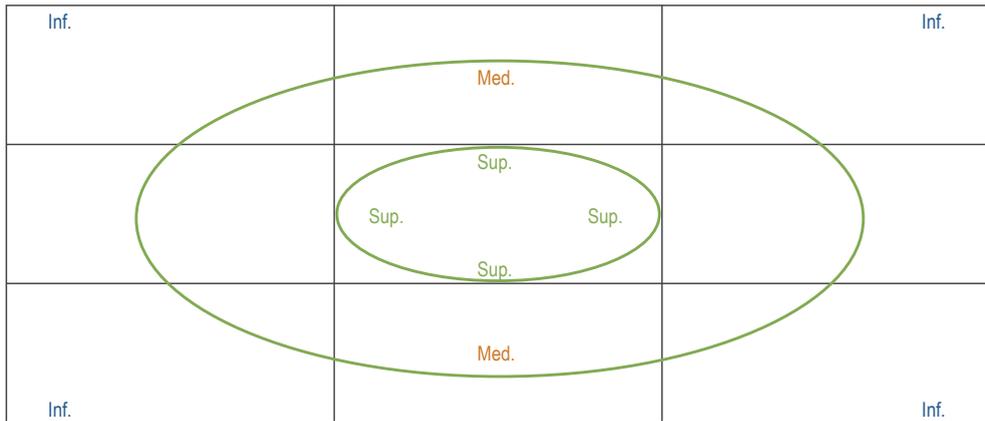


Figura 37. Ilustración de puntos de muestreo para fertilizantes dispuestos a granel.

El uso de fertilizantes en esta presentación (granel) es viable con aquellas fuentes de nutrientes que no se alteran fácilmente con factores ambientales, tales como la humedad relativa y la temperatura. Ese es el caso de las enmiendas y los fertilizantes potásicos y fosfóricos que no contienen nitrógeno. En cuanto a fuentes nitrogenadas esta presentación no es recomendable.

Aleatorización de las muestras

Para las tres clases de presentaciones se recomienda realizar las muestras de manera aleatoria. Para esto, es posible utilizar algún *software* estadístico de libre distribución o Excel, con el propósito de mejorar la representatividad de la muestra y evitar la subjetividad.

Preparación de la muestra para el laboratorio

Para cada submuestra, bien sea por bulto o punto de submuestreo, una vez se retira el tubo de muestreo se procede a depositar el contenido de este en el balde respectivo. Al finalizar la recolección de todas las submuestras del producto, se realiza la homogenización de estas, de manera manual.

A continuación, y con ayuda de una balanza, se procede a depositar la cantidad solicitada por el laboratorio en una bolsa plástica limpia y etiquetada. Posteriormente se diligencia el formulario de remisión con los datos requeridos por el laboratorio que efectuará el análisis.

Garantizar la correcta conservación de la muestra es clave para la confiabilidad de los resultados. Por tanto, el empaque debe ser hermético y preferiblemente hacerlo en doble bolsa.

Normatividad vigente

La Norma Técnica Colombiana NTC 1061 es la que regula la calidad técnica sobre los abonos o fertilizantes (ICONTEC, 2020). El objeto principal de esta es fijar las tolerancias permitidas en la composición con respecto a los nutrientes garantizados en los abonos o fertilizantes líquidos y sólidos complejos, así como de los fertilizantes mezclados sólidos a base de N, P, K. La tolerancia hace referencia al intervalo de concentración que se considera apropiado con base en la información registrada en la ficha técnica del producto (Tabla 9). Estas tolerancias se expresan en términos de N para nitrógeno total, P_2O_5 para fósforo y K_2O para potasio.

Tabla 9. Tolerancias permitidas de nutrientes de los fertilizantes líquidos y sólidos complejos a base de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O).

Concentración, grado o nutriente garantizado (%)	Porcentaje de tolerancias permitidas		
	N total	P_2O_5 asimilable	K_2O soluble en agua
4 o menos	0,49	0,67	0,41
6	0,52	0,67	0,47
8	0,55	0,68	0,6
10	0,58	0,69	0,7
12	0,61	0,69	0,79
14	0,63	0,7	0,87
16	0,67	0,7	0,94
18	0,7	0,71	1,01
20	0,73	0,72	1,08
22	0,75	0,72	1,15
24	0,78	0,73	1,21
26	0,81	0,73	1,27
28	0,83	0,74	1,33
30	0,86	0,75	1,39
32 o más	0,88	0,76	1,44

En términos generales, a mayor concentración de la unidad de nutriente, mayor es la tolerancia permitida, sin embargo, para N y P_2O_5 , esta tolerancia no supera un punto porcentual mientras que para K_2O en la concentración o grado del 32 % la tolerancia es de 1,44 %. En la norma indicada se incluyen ecuaciones que permiten su cálculo

(Ecuación 6 a Ecuación 8), y con base en estas es posible obtener los valores para concentraciones que no aparecen en la Tabla 9, incluyendo contenidos superiores al 32 % en las fuentes.

Tolerancia permitida para fertilizantes nitrogenados

La determinación de la tolerancia para fertilizantes nitrogenados (Figura 38) es la siguiente (Ecuación 6):

$$Y = -0,00006 (\% N)^2 + 0,0162 (\% N) + 0,4241 \quad \text{(Ecuación 6)}$$

En donde:

- Y → Tolerancia para nitrógeno (N (%)).
- N → Contenido o porcentaje de nitrógeno expresado en la ficha técnica.

De acuerdo con lo anterior, para un fertilizante nitrogenado con contenido del 26 %, su tolerancia sería:

$$Y = -0,00006 (26)^2 + 0,0162 (26) + 0,4241$$
$$Y = 0,80 \%$$

La tolerancia permitida de N, en este caso, es similar a lo registrado en la Tabla 9.



Figura 38. Aspecto de la urea granulada.

Tolerancia permitida para fertilizantes fosfóricos

En relación con los fertilizantes fosfóricos (Figura 39), la determinación de su tolerancia (Ecuación 7) es:

$$Y = 0,00002 (\% P_2O_5)^2 + 0,0025 (\% P_2O_5) + 0,6575 \quad \text{(Ecuación 7)}$$

En donde:

- Y → Tolerancia permitida de fósforo (P_2O_5 (%)).
 P_2O_5 → Contenido de P_2O_5 (%) expresado en la ficha técnica.

De acuerdo con lo anterior y, a manera de ejemplo, para un fertilizante del 46 % de P_2O_5 en su contenido, la tolerancia permitida sería:

$$Y = 0,00005 (46)^2 + 0,0025 (46) + 0,659$$

$$Y = 0,88 \%$$

El valor obtenido no aparece consignado en la Tabla 9. En esto radica la importancia y la utilidad de las ecuaciones empleadas para determinar las tolerancias en este tipo de fuentes fertilizantes.



Figura 39. Aspecto del superfosfato triple (46 % de P_2O_5).

Tolerancia permitida para fertilizantes potásicos

En cuanto a fertilizantes potásicos (Figura 40), la determinación de su tolerancia (Ecuación 8) es:

$$Y = -0,0005 (\% K_2O)^2 + 0,0547 (\% K_2O) + 0,191 \quad \text{(Ecuación 8)}$$

En donde:

- Y → Tolerancia permitida para (K_2O (%)).
 K_2O → Contenido de K_2O (%) garantizado expresado en la ficha técnica.

De esta manera, para un fertilizante con 60 % de K_2O , su tolerancia sería:

$$Y = -0,0005 (60)^2 + 0,0547 (60) + 0,191$$

$$Y = 1,67 \%$$

Al igual que con la tolerancia determinada anteriormente para fertilizantes potásicos, el resultado obtenido tampoco se encuentra en la Tabla 9.



Figura 40. Aspecto del cloruro de potasio (KCl) granular (60 % de K_2O).

En cuanto a las tolerancias permitidas (**Y**) de nutrientes en los fertilizantes mezclados sólidos a base de N, P, K, se tiene:

- Nitrogenados: $Y = -0,00005 (\% N)^2 + 0,0413 (\% N) + 0,6533$
- Fosfóricos: $Y = 0,00005 (\% P_2O_5)^2 + 0,00413 (\% P_2O_5) + 0,6533$
- Potásicos: $Y = -0,0005 (\% K_2O)^2 + 0,0547 (\% K_2O) + 0,191$

Tolerancias permitidas para nutrientes secundarios

Para los nutrientes considerados como secundarios, al igual que para los micronutrientes, las tolerancias permitidas en fertilizantes sólidos son los usados con más frecuencia en el cultivo de palma (Tabla 10). Asimismo, también se tienen referencias para fertilizantes líquidos (Tabla 11).

Tabla 10. Tolerancias permitidas de los nutrientes secundarios y menores en los fertilizantes de presentación sólida.

Nutriente	Tolerancia
CaO	$T = 0,42 + 0,105 (G)$
MgO	$T = 0,50 + 0,125 (G)$
S	$T = 0,30 + 0,075 (G)$
B	$T = 0,005 + 0,25 (G)$

Continúa

Nutriente	Tolerancia
Mo, Co	$T = 0,0000125 + 0,375 (G)$
Cu, Mn. Fe, Zn, Na, Cl	$T = 0,015 + 0,30 (G)$

*G: contenido del nutriente expresado en porcentaje.

Tabla 11. Tolerancias permitidas de los nutrientes secundarios y menores en los fertilizantes de presentación líquida.

Nutriente	Tolerancia
CaO	$T = 0,28 + 0,07 (G)$
MgO	$T = 0,33 + 0,083 (G)$
S	$T = 0,20 + 0,050 (G)$
B	$T = 0,005 + 0,25 (G)$
Mo, Co	$T = 0,0001 + 0,30 (G)$
Cu, Mn. Fe, Zn, Na, Cl	$T = 0,005 + 0,10 (G)$

*G: contenido del nutriente expresado en porcentaje.

Interpretación de resultados del análisis de fuentes fertilizantes

Los resultados del análisis de muestras de fertilizantes se comparan con respecto al contenido nutricional expresado en la ficha técnica del producto y con relación a los límites de tolerancia descritos en la Norma Técnica Colombiana NTC 1061 sobre fertilizantes y enmiendas. Para esto, se recomienda la elaboración de gráficos que permitan visualizar los resultados (Figura 41).

A continuación, se describe a manera de ejemplo la evaluación de un fertilizante de mezcla física como aportante de nitrógeno (15 % de N), fósforo (4 % de P_2O_5) y potasio (23 % de K_2O). El resultado corresponde a seis muestras para el mismo producto.

- **Contenido de nitrógeno:** para las seis muestras analizadas se observa que los contenidos de nitrógeno se encuentran por debajo del contenido garantizado (15 % de N). Además, en promedio la diferencia es de 4,1 y 3,45 puntos porcentuales de nitrógeno con respecto al fertilizante garantizado y el límite inferior permitido. Este último valor representa 23 % menos de nitrógeno con respecto a lo que debería contener el fertilizante.

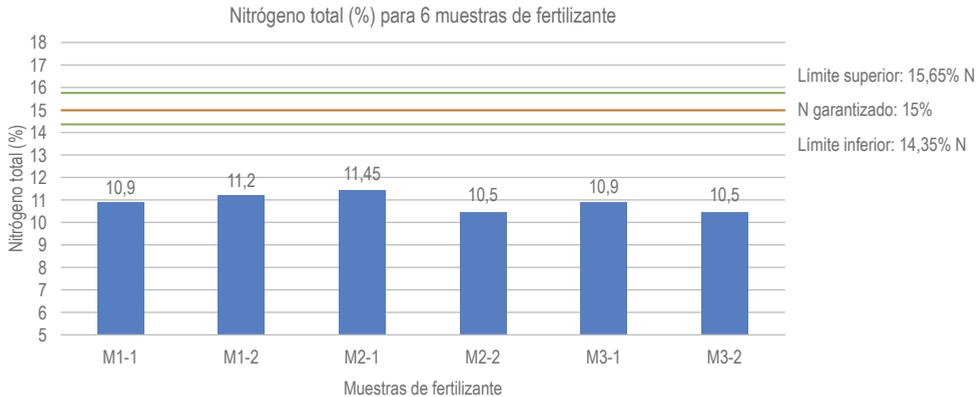


Figura 41. Representación de los resultados de análisis de la fuente fertilizante con respecto al contenido de nitrógeno total garantizado según el fabricante.

- Contenido de fósforo y potasio:** para el fósforo, en tres de las muestras evaluadas, los contenidos se ajustan a la norma técnica. Es decir, se encuentra dentro de los límites de tolerancia permitidos (Figura 42). En las restantes tres muestras los contenidos son significativamente superiores a lo garantizado en la ficha técnica (4 % de P_2O_5). De igual manera, los contenidos de potasio varían considerablemente entre las muestras evaluadas, pasando de valores sobre la tolerancia permitida a valores muy por debajo del límite inferior (Figura 43). Esta situación no necesariamente es favorable, ya que podría indicar segregación de la mezcla fertilizante y también ocasionar inconvenientes a la hora de determinar las dosis de nutriente a aplicar por palma.

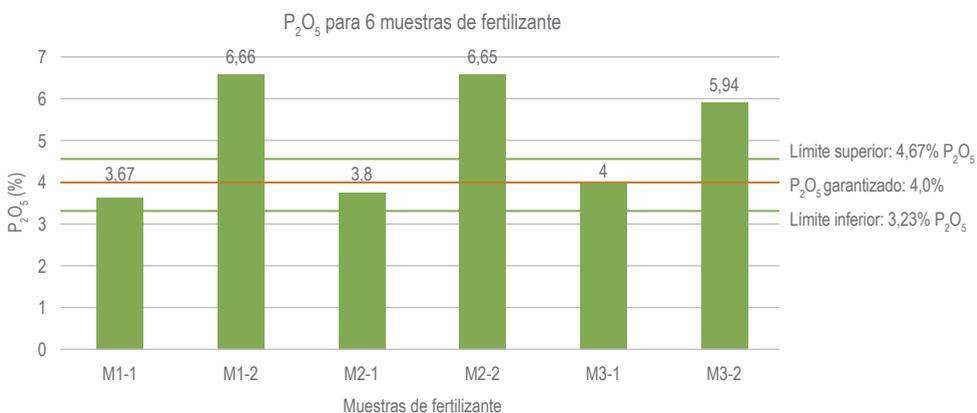


Figura 42. Representación de los resultados de análisis de la fuente fertilizante con respecto al contenido de fósforo (P_2O_5) garantizado según el fabricante.

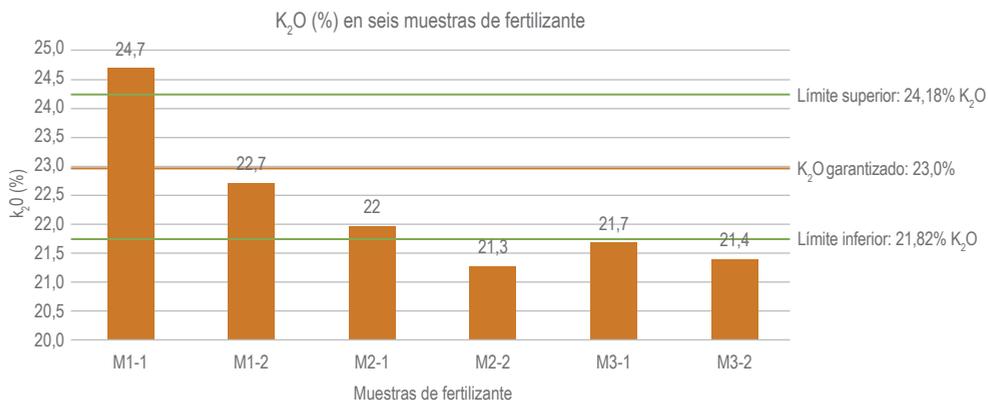


Figura 43. Representación de los resultados de análisis de la fuente fertilizante con respecto al contenido de potasio (K₂O) garantizado según el fabricante.

Toma de decisiones

Antes de tomar decisiones sobre algún tipo de solicitud de revisión a la casa productora, comercializadora de fertilizantes o de enmiendas, es necesario asegurar que las siguientes condiciones se cumplan de manera adecuada:

- **Almacenamiento:** las condiciones han sido adecuadas en términos de temperatura, humedad relativa y luminosidad, además de que la calidad de los empaques se mantuvo en condiciones óptimas. Asimismo, que no se haya tenido almacenado durante un tiempo prolongado, lo que podría contribuir a su degradación.
- **Muestreo:** el proceso de muestreo fue riguroso y de acuerdo con los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 1061 con herramientas y elementos de muestreo adecuados, así como el proceso de embalaje y envío de las muestras para análisis al laboratorio correspondiente.
- **Calidad del análisis:** el laboratorio se encuentra capacitado y certificado para realizar el análisis solicitado.

Una vez se ha superado lo anterior, es momento de contactar a las empresas productoras y/o comercializadoras para, en un primer paso, exponer la situación y definir los pasos siguientes.

Bibliografía

ICONTEC, 2018. Norma Técnica Colombiana NTC 6287-1:2018 Fertilizantes y enmiendas. Toma de muestras y preparación de muestras. Parte 1: Toma de muestras. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.

ICONTEC 2020. Norma Técnica Colombiana NTC 1061:2020. Abonos o fertilizantes. Tolerancias. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.