

# Consideraciones para la preparación de mezclas de fertilizantes

Autores: Erika Vistoso Gacitúa y Josué Martínez-Lagos / INIA Remehue

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INFORMATIVO N° 279- AÑO 2021

## Introducción

La intensificación agrícola, es decir el aumento de los años de cultivo o del número de cultivos durante el año y la necesidad de mayor producción de cultivos y praderas, aumentan los requerimientos y extracción de nutrientes esenciales (ej. nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio) desde el suelo, los cuales son absorbidos por el sistema radical de la planta e incorporados en los productos de cosecha. Si esta extracción de nutrientes no es repuesta a través de enmiendas y fertilizantes, ya sea de naturaleza orgánica e inorgánica en la dosis y época apropiada (según ciclo vegetativo de la planta), el suelo disminuye su nivel de fertilidad y, por ende, su capacidad productiva, ejemplo de ello son las praderas permanentes, cuya distribución estacional y rendimiento anual de forraje pueden verse seriamente afectados.

La mantención de la capacidad productiva del suelo requiere integrar prácticas de manejo de nutrición vegetal y suelo que permitan un manejo adecuado y balanceado reciclaje de los

nutrientes esenciales y de la materia orgánica, fomentando la biodiversidad y, con ello, la actividad microbiana, la cual es influida también por los parámetros físicos y químicos característicos del suelo.

Los fertilizantes orgánicos e inorgánicos son herramientas tecnológicas de gran relevancia para el desarrollo de la agricultura que contribuyen a mantener la capacidad productiva del suelo (proveer a los cultivos y praderas de los nutrientes esenciales deficitarios en el suelo) y fomentar la seguridad alimentaria. Con la aplicación de fertilizantes, la producción de cultivos y praderas puede duplicarse o triplicarse, sin embargo, representan entre 30 % a 45 % de los costos directos de producción (Navarro, 1992; Serie Remehue N° 31). Por ello, el uso de los fertilizantes debe formar parte de un plan integrado y bien ejecutado de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que generen mayor producción y calidad tanto de cultivos como praderas, aumentando los ingresos a los productores y asegurando la sostenibilidad del sistema productivo.

**Cuadro 1.** Contenido de nutrientes de algunas mezclas comerciales.

Mezcla fertilizante	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	B	Zn
	(%)							
Trumao 0	9	32	13	5	1	4		
Trumao 02	6	24	10	13	4	3		
Trumao 03	7	27	8	13	1	7		
Trumao 2000	6	32	10	8	3	3	0,1	0,3
Grano 2	9	37	13	8	1	1		
Grano 2 BZ	9	37	12	7	1	3	0,1	0,2
Grano especial	9	42	12	2	1	2		
Grano especial BZ	9	41	12	2	1	2	0,1	0,3
Maíz 20	6	20	20	9	0,4	5	0,2	0,3
Maíz 25	15	25	19	3	0,4	1	0,2	0,2
Trumao establecimiento	8	26	9	12	0,4	7		
Alfalfa mantención 01	0	0	44	0	8	9	0,1	
Alfalfa establecimiento	0	31	15	17	2	3	0,2	
Trumao pradera	0	30	8	15	7	9		

Fuente: Elaborada en base a datos de empresas de agroquímicos.

## Mezclas físicas de fertilizantes

Para proveer una fertilización balanceada, en la década de los 90, se generaron las **mezclas físicas de fertilizantes**, en las cuales se combinaban dos o más fertilizantes simples (contienen un macronutriente, ej. N o P o K) o compuestos (mezcla mecánica de fertilizantes simples N-P-K) e incluso micronutrientes como hierro, zinc, manganeso, boro, molibdeno y cobre, especialmente para praderas de alta producción. Las mezclas físicas de fertilizantes se elaboran con productos heterogéneos en sus propiedades físicas y químicas. Su rápida adopción entre los productores y asesores técnicos se debe a que: i) son de fácil elaboración y acceso, ii) presentan menores costos de producción que los fertilizantes complejos y, iii) mayor flexibilidad en diseño de mezclas con diferente grado (contenido de nutriente). Sin embargo, las mezclas físicas de fertilizantes deben posibilitar que las partículas de fertilizante tengan flujo libre, evitar la formación de polvo, garantizar la concentración de nutrientes del etiquetado y asegurar la homogeneidad física.

Las mezclas comerciales de fertilizantes presentan ventajas prácticas, sin embargo, en algunos casos y de acuerdo al análisis de suelo puede existir déficit o exceso de algún nutriente esencial que afecta los requerimientos necesarios para lograr el potencial productivo del cultivo o pradera. En estos casos, se debe corregir la mezcla con un suplemento del o los nutrientes deficitarios en específico. En el Cuadro 1, se presenta el contenido de nutrientes en mezclas comerciales.

## Propiedades que inciden en las mezclas de fertilizantes

En la generación de una mezcla física de fertilizantes de calidad, se deben considerar las siguientes propiedades físicas y físico-químicas de los fertilizantes inorgánicos sólidos:

**1. Propiedades físicas:** las propiedades físicas condicionan el manejo, almacenamiento y conservación de los fertilizantes y, por ende, su correcta y homogénea aplicación en campo.

**1.1 Granulometría:** corresponde al tamaño de partícula o gránulos de fertilizante y su proporción en el volumen total del fertilizante. Los gránulos de fertilizantes deben ser esféricos y de granulometría homogénea. Este parámetro

es relevante en la manipulación, en la correcta distribución mecánica del fertilizante en campo y en la preparación de mezclas físicas de fertilizantes. Mezclar fertilizantes que presentan diferencias en el tamaño de partículas > 10%, genera la segregación de las partículas en la mezcla física de fertilizantes.

En Europa, U.S.A. y Argentina entre el 80-90% y 80 % en peso del fertilizante debe fluctuar entre 1 mm a 3,5 mm, 2 mm a 4 mm y 0,841 mm a 4,7 mm, respectivamente. En Chile, no existe una normativa vigente para este parámetro de calidad de los fertilizantes.

Estudios realizados por Vistoso *et al.* (2017), indican que el análisis de granulometría de los fertilizantes fosforados usados en praderas de la zona sur es muy variable entre el mismo tipo de fertilizantes fosforados (Cuadro 2).

**1.2 Densidad aparente:** corresponde al peso por unidad de volumen ( $\text{kg m}^{-3}$ ) del fertilizante, incluyendo el aire entre gránulos y el atrapado al interior de ellos. La densidad aparente es variable entre los fertilizantes y, puede verse afectada por la variación en la distribución de las partículas generada por la segregación, entendida como la separación de las partículas de diferente tamaño en la mezcla física de fertilizantes, lo cual puede incidir directamente en el ancho de labor efectiva de la aplicación mecánica de la mezcla fertilizante. Los fertilizantes que presentan mayor densidad aparente tienen mayor dureza y pueden ser aplicados en

**Cuadro 3.** Valores de densidad aparente de algunos fertilizantes.

Fertilizante	Densidad aparente ( $\text{kg m}^{-3}$ )
Cloruro de potasio	1.075 - 1.200
Fosfato monoamónico	900 - 1.000
Fosfato diamónico	875 - 1.100
Roca fosfórica	1.200 - 1.600
Salitre sódico	1.220
Salitre potásico	1.290
Sulfato doble de potasio y magnesio	1.520 - 1.570
Superfosfato triple	950 - 1.200
Urea	720 - 820

Fuente: Adaptado de UNIDO, 1998. Fertilizer Manual. United Nations Industrial Development Organization - International Fertilizer Development Center. 615p.

**Cuadro 2.** Tamaño de partícula de fertilizantes fosforados (n=3).

Fracción	Tamaño de partícula del fertilizante (%)									
	FMA	FDA 1	FDA 2	SFT 1	SFT 2	SFT 3	SFT 4	RF 1	RF2	RF 3
> 2 mm	0	96	91	70	78	97	78	0	65	19
1-2 mm	5	4	9	13	20	3	22	0	4	19
0,5-1 mm	35	0	0	6	1	0	1	1	2	17
< 0,5 mm	59	0	0	11	1	0	0	99	29	45

FMA: fosfato monoamónico, FDA: fosfato diamónico, SFT: superfosfato triple, RF: roca fosfórica.

Fuente: Adaptado de Vistoso, E.; Sandaña, P. e Iraira, S. 2017. Fertilización fosfatada de praderas en suelos Trumaos de la Región de Los Lagos. Colección de Libros INIA N° 37. 124p.

campo a mayor velocidad de giro de los discos, logrando una mayor distancia de aplicación. Por ello, las variaciones de densidad aparente (Cuadro 3) entre los fertilizantes que forman la mezcla deben ser mínimas para lograr una distribución homogénea de la mezcla de fertilizantes.

Es importante considerar que tanto la granulometría como la densidad aparente son las propiedades físicas más relevantes a considerar en una mezcla física de fertilizantes para el buen funcionamiento de los sistemas de distribución mecánicos para aplicación en campo (ej. fertilizadoras de proyección). Dichas propiedades inciden en aspectos como: i) ancho de trabajo de la maquinaria, ii) uniformidad en la distribución del fertilizante en campo y, iii) cantidad de fertilizante que sale desde la tolva de almacenamiento de la maquinaria.

**1.3 Consistencia o Dureza:** es la resistencia de las partículas de fertilizante a la rotura, abrasión (evita formación de polvo) e impacto y, es muy variable dependiendo de la composición química y del proceso de fabricación del fertilizante. En cambio, la resistencia mecánica de los fertilizantes, es su capacidad a resistir los esfuerzos a los cuales pueden estar expuestas las partículas fertilizantes a través de la cadena de abastecimiento (procesos de manipulación, almacenamiento y distribución). La resistencia mecánica de la partícula fertilizante determina la habilidad de combatir la degradación durante las etapas de transporte y almacenamiento y, depende de la estructura de la superficie y consistencia de la partícula fertilizante.

La clasificación de consistencia diferencia a las partículas fertilizantes que pueden romperse entre los dedos (como suaves), los que pueden romperse con una superficie dura (como medios) y los que no se pueden romper con el contacto (como duros).

**2. Propiedad físico-química:** están definidas por la concentración de nutrientes y la forma química en la que el nutriente está presente en cada fertilizante en particular. Esta propiedad define la dosis a usar, época de aplicación en campo y la forma de aplicación.

**2.1 Higroscopicidad:** es la capacidad que tienen los fertilizantes de absorber la humedad del ambiente a una humedad específica o a cierta presión de vapor, midiéndose como el valor de humedad relativa crítica (Cuadro 4) a partir de la cual el fertilizante comienza a absorber agua, provocando la disolución de parte de las partículas, con lo cual se deshace la estructura física permitiendo disolverse en el suelo y, por lo tanto, proporcionando los nutrientes esenciales a las plantas. Las partículas de los fertilizantes pueden absorber agua solo si la presión de vapor de agua del aire excede la presión de vapor de agua del fertilizante. La mayoría de los

fertilizantes son higroscópicos debido a su alta solubilidad en agua; sin embargo, esta capacidad varía considerablemente según la composición química, porosidad de la partícula de fertilizante, área superficial y grado de cristalinidad. La humedad relativa crítica de un fertilizante es determinante en el cálculo de las mezclas físicas, debido a que establece la humedad relativa del ambiente a partir de la cual se inicia el proceso de absorción de agua de un determinado fertilizante. Una absorción de agua significativa, en los fertilizantes, genera las siguientes desventajas: i) las partículas de los fertilizantes se vuelven gradualmente, suaves y pegajosas, ii) se incrementa la compactación entre las partículas fertilizantes, iii) se incrementa la formación de polvo fino y iv) disminuye la calidad de la aplicación de los fertilizantes. De este modo, el fertilizante al deshidratarse, genera terrones en lugar de los gránulos iniciales, lo cual dificulta los mecanismos de distribución en la tolva de almacenamiento y, por ende, su distribución mecánica, desplazamiento y uniformidad de aplicación en campo. Por ello, es importante considerar las condiciones atmosféricas de temperatura, humedad relativa y precipitaciones, durante el almacenaje y en la aplicación en campo de los fertilizantes inorgánicos.

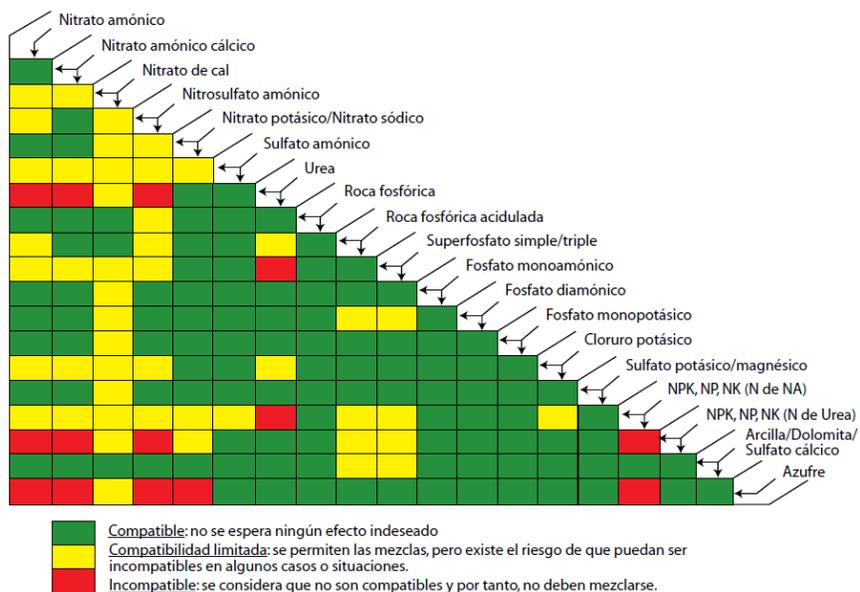
**Cuadro 4.** Valores de humedad crítica a 30° C de algunos fertilizantes.

Fertilizante	Humedad crítica (%)
Cloruro de potasio	84,0
Fosfato monoamónico	91,6
Fosfato diamónico	82,5
Salitre sódico	72,4
Sulfato de potasio	96,3
Superfosfato triple	94,0
Urea	72,5

Fuente: UNIDO (1998).

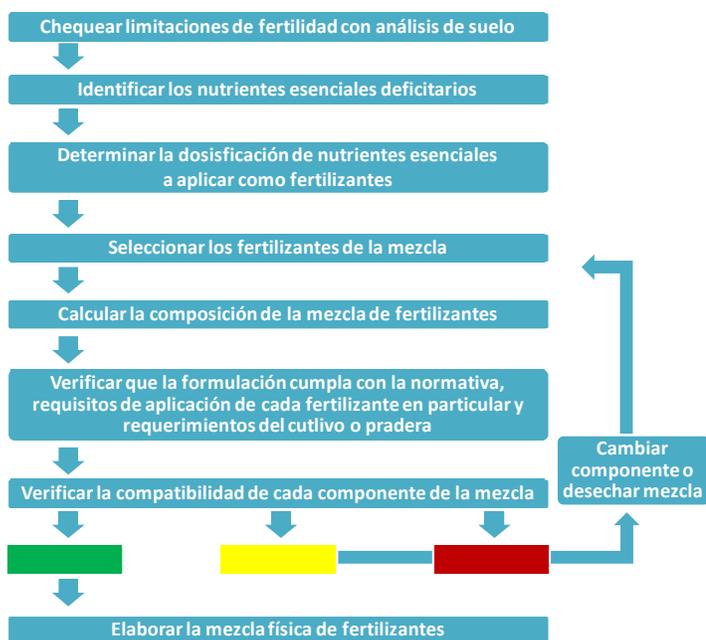
## Compatibilidad física y química de los fertilizantes

La compatibilidad de mezclado de los fertilizantes, corresponde a la capacidad que tienen de ser mezclados, guardando una buena estabilidad física y química. La elección inadecuada de fertilizantes incompatibles puede generar reacciones químicas indeseadas que afectan la calidad (pérdida de nutrientes del fertilizante) o seguridad (efecto tóxico) en las mezclas. Por ejemplo, la mezcla de nitrógeno amoniacal con carbonato de calcio, bajo ciertas condiciones de humedad relativa, genera amoniaco, el cual es un gas que según su grado de exposición puede llegar a representar un riesgo para los agricultores por su toxicidad (sobre todo en lugares cerrados y con escasa ventilación), para el medio ambiente (ya que es un precursor de la lluvia ácida), generando además un impacto económico debido a la pérdida de nitrógeno del fertilizante. En la Figura 1, se presentan el grado de compatibilidad de mezclado de algunos fertilizantes.



**Figura 1.** Compatibilidad de mezclado de algunos fertilizantes.

Fuente: EFMA, 2005. Guía de compatibilidad para la mezcla de fertilizantes. European Fertilizer Manufacturers Association. Disponible en <https://www.efma.com>



**Figura 2.** Diagrama de selección de la composición de una mezcla física de fertilizantes.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2, resume los principales puntos a considerar para la mezcla física de fertilizantes

### Consideraciones finales.

- La reserva de nutrientes del suelo es un recurso no renovable, esta puede agotarse a través del tiempo. Cuando, las extracciones de nutrientes esenciales no se reponen adecuadamente, se afecta negativamente la productividad de cultivos y praderas.
- Mejorar y mantener una adecuada fertilidad del suelo a través de un aporte balanceado de nutrientes (fertilización balanceada) es un aspecto crítico para producir rendimientos elevados y sostenibles en el tiempo. En suelos bajo las mismas condiciones edafoclimáticas, se obtienen mayores rendimientos con una alta fertilidad que con una baja fertilidad.
- Los fertilizantes influyen en el valor nutritivo (calidad mineral y nutritiva) del alimento.
- La aplicación de mezclas físicas de fertilizantes es una solución técnica para aportar nutrientes a cultivos y praderas, que requiere varias consideraciones previas a su elaboración.
- El uso eficiente y responsable de los fertilizantes, contribuye al suministro de nutrientes esenciales del suelo en forma balanceada y más amigable con el medio ambiente.

**Agradecimientos:** GTT Producción Ganadera Sustentable.

Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación citando la fuente y el autor.

La mención o publicidad de productos no implica recomendación INIA.

Editores: Juan Hirzel Campos, Ing. Agrónomo, M.Sc., Dr., INIA Quilamapu; Yonathan Redel Hemberger, Ing. Agrónomo, Dr. Cs., INIA Intihuasi y Luis Opazo Ruiz, Periodista, M.C.E. / INIA Remehue.

INIA Remehue, Ruta 5, km 8, Osorno, Chile. Fono +5664 2334819

[www.inia.cl](http://www.inia.cl)

