

Número 15 | Enero 2009

I&D » Propiedades y Aspectos de la Manipulación de Fertilizantes Sólidos a Granel

Realización:

Lic. Rodolfo Dionisi | Jefe de Laboratorio
Departamento de Investigación y Desarrollo
(Lic. Juan M. Aloé | Ing. Agr. Mirta Toribio)

1- INTRODUCCIÓN

La tecnología de manufactura le otorga las propiedades físicas y químicas a los fertilizantes granulados. Pero la calidad con que llega al usuario final no sólo depende de estas propiedades, sino también de las condiciones de transporte y almacenamiento, y en general de la manipulación. De este modo, un producto con excelentes propiedades (granulometría uniforme, sin polvo, con buena fluencia, sin aglomerados, con bajo contenido de humedad, sin impurezas) a la salida del proceso productivo, puede llegar en menor o mayor medida deteriorado al momento de aplicación.

Por lo tanto es indispensable poseer conocimientos básicos acerca de las propiedades fundamentales de estos productos y la manera en que pueden verse afectadas por todas las operaciones de manipulación a granel.

Esto podría ayudarnos a realizar las acciones preventivas necesarias para mantener un correcto nivel de calidad de los mismos a lo largo de la cadena de distribución, o al menos para entender dónde, cómo, cuándo y por qué la calidad del producto dejó de ser la adecuada.

2- CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS A GRANEL

La Cadena de Distribución, en general, puede dividirse en cuatro grandes procesos o etapas, abarcando cada una distintos subprocesos.

PRODUCCIÓN

- » Producción.
- » Transporte (cintas desde granulación a silo).
- » Almacenamiento en fábrica (silo).



La calidad del producto es afectada en menor o mayor medida a lo largo de la Cadena de Distribución.

- » Transporte (cintas desde silo a zona de carga).
- » Cribado y pesada.
- » Transporte (cintas desde cribado a buque, etc.).
- » Carga de buques, camiones o vagones.

ALMACENAMIENTO INTERMEDIO PRINCIPAL Y/O ALMACENAMIENTOS SECUNDARIOS

- » Transporte.
- » Descarga.
- » Almacenamiento principal.
- » Cribado y pesada.
- » Carga de camiones/vagones.
- » Transporte.
- » Descarga en almacenamiento secundario.
- » Cribado y pesada.
- » Carga de camiones y vagones.

CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

- » Transporte.
- » Descarga.
- » Almacenamiento en Centro de Distribución.
- » Carga de camiones.

CLIENTE – USUARIO FINAL

- » Transporte.
- » Descarga en silos o silos-tolva.
- » Carga de maquinarias para aplicación.
- » Aplicación.

3- CRITERIOS PARA LA CALIDAD FÍSICA DE FERTILIZANTES A GRANEL

La Calidad es la combinación de características y propiedades de cualquier producto o servicio que contribuye a satisfacer las necesidades de los clientes.

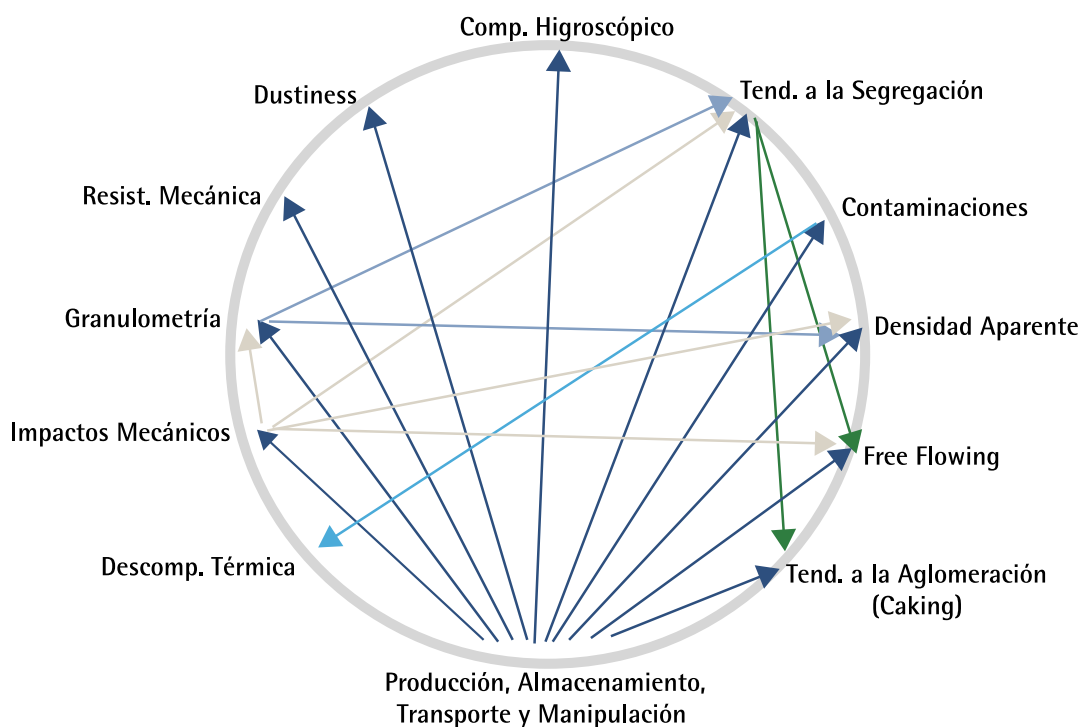
EN CASO DE LOS FERTILIZANTES, ESTO SIGNIFICA:

- » Adecuada manipulación durante el transporte.
- » Preservación de las características físicas del producto durante su almacenamiento por períodos prolongados.
- » Manipulación adecuada durante la aplicación.

La calidad física de un fertilizante a granel durante su transporte, manipulación y almacenamiento es influenciada principalmente por los siguientes procesos y factores:

- » Segregación.
- » Comportamiento Higroscópico (absorción de humedad).
- » Resistencia Mecánica.
- » Contaminación.
- » Ángulo de reposo.
- » Free Flowing (Fluencia).
- » Dustiness (Formación de polvo).

Figura N° 1: Factores de influencia en la calidad física de los fertilizantes a granel.



4- SEGREGACIÓN

La redistribución de las partículas dentro de un depósito de acuerdo a su tamaño, forma, densidad y textura superficial, a partir de su condición original de población homogénea a granel se conoce como **SEGREGACIÓN**.

Cuando esto ocurre, sus efectos pueden manifestarse de diversas maneras:

- » apariencia a la vista,
- » si se trata de material embolsado o despachado en otro tipo de contenedores,
- » variaciones de peso entre estos,
- » inconsistencias en las propiedades químicas,
- » mayor contenido de finos y/o emisión de polvo de ciertos "sublotes" de producto de un mismo lote,
- » en general, pobres propiedades de manipulación y aplicación.

La Segregación de las partículas puede ser causada por diferentes mecanismos: Coning, Acción Balística y Vibraciones, y esto ocurre en varias etapas a través de la fabricación, almacenamiento, transporte y aplicación del producto. Las diferencias de densidad de las distintas fracciones de tamaños tendrán incidencia en la segregación por percolación, principalmente durante el transporte a granel.

Cuando se habla de mezclas de fertilizantes sólidos, se sabe que para lograr un grado de homogeneidad física aceptable, los productos a mezclar deben tener tamaño

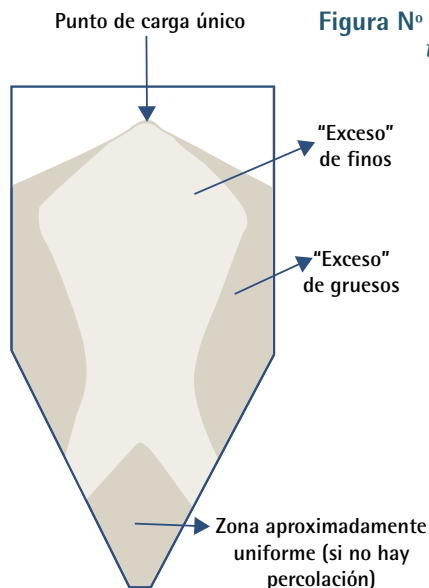


Figura N° 2: Distribución de tamaños

promedio y distribuciones similares. Es decir que el diámetro de la mediana multiplicado por 100 de las partículas (**SGN-SIZE GUIDE NUMBER**), y el cociente de los tamaños de las partículas finas y gruesas, multiplicado por 100 (UI-Uniformity Index) de los componentes, no deben ser muy diferentes.

El SGN por sí solo no aporta información respecto a la dispersión de tamaños del material, factor este que causa la segregación del mismo por distintos mecanismos. El UI entonces debe complementar al SGN para darnos una idea de la dispersión de tamaños del producto. Por este motivo aparece el MQI (Mixing Quality Index) de una mezcla, el cual se calcula a partir de los coeficientes de variación de los **SGN's** y **UI's** de los componentes puros.

*Concentración localizada de finos y polvo por percolación estática.
Mayor tendencia a caking persistente por compresión.*

Concentración localizada de gruesos por coning (rolling)

5- COMPORTAMIENTO HIGROSCÓPICO

Dado su uso final como nutrientes para los cultivos, los fertilizantes deben disolverse fácilmente en agua para facilitar su transporte hacia y a través de las plantas. La afinidad por el agua (hidrofilia) hará que el producto sea más o menos higroscópico.

Durante el almacenamiento, manipulación y transporte, lluvia y la humedad del aire son el mayor enemigo de la calidad física del fertilizante.

En el comportamiento higroscópico del fertilizante se distinguen:

» **INTENSIDAD HIGROSCÓPICA:** Es la velocidad a la cual el producto incorpora agua cuando es expuesto a la humedad del aire.

» **CAPACIDAD HIGROSCÓPICA:** es la cantidad de agua que el producto puede incorporar sin una pérdida significativa de calidad respecto al free flowing, resistencia mecánica y tendencia a formar polvo.

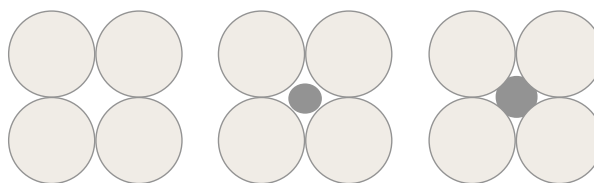
Las pilas de fertilizantes a granel expuestas a la humedad del aire circundante incorporarán parte de la misma en la interfase producto-aire. La velocidad con que ello ocurre depende de:

- » Diferencia de Presión de vapor entre el producto y el aire que lo rodea.
- » Tiempo de exposición del producto (tiempo de residencia).
- » Movimiento de aire y efectos de ventilación (aporte de humedad ambiente).
- » Resistencia del producto a la difusión de humedad.
- » Velocidad con la que la humedad penetra dentro de la pila.

Es importante conocer la **Humedad Crítica Relativa (HCR)** de un fertilizante. Ésta es la menor humedad ambiente a partir de la cual, para una temperatura determinada, el producto se comportará higroscópicamente, incorporando humedad del aire circundante. Por ejemplo, si a 15° C la HR es mayor que 80%, la urea sólida pasará a ser una solución saturada (se formará una película de solución de urea sobre la superficie del gránulo), y esto promoverá la aglomeración de éstos por la formación de puentes cristalinos (caking).



La tendencia al caking es menor si las partículas son fuertes, relativamente grandes, esféricas, lisas, uniformes en cuanto a tamaño y forma, y con bajo contenido de finos y polvo. Estas cualidades físicas disminuyen el área superficial específica, y el número de puntos de contacto entre partículas adyacentes.



La deposición de finos y polvo entre gránulos adyacentes aumenta el área de contacto efectiva; sumado a elevados contenidos de humedad, calor y presión, el "cocktail" para el caking está servido.

El uso de "coating" o recubrimiento será efectivo sólo como protección contra la humedad atmosférica y presión externa si en general el producto posee buena calidad en los parámetros señalados previamente. Ensayos a escala de laboratorio han dado buenos resultados en cuanto a la reducción de la tendencia a formar caking empleando bioproductos. En algunas aplicaciones los resultados han sido iguales o mejores que los obtenidos con los aditivos tradicionales (aceites minerales y parafinas).

¿CÓMO ACTÚA UN COATING O AGENTE ANTI-CAKING?



Se debe lograr su distribución uniforme en la superficie del gránulo para que actúe como "barrera" efectiva,

impidiendo que se formen los puentes salinos.

Algunas medidas simples, económicas pero efectivas para evitar la absorción de humedad por los fertilizantes a granel son:

- » Mantener los lugares de almacenamiento cerrados siempre que sea posible.
- » Evitar manipular producto en condiciones de elevada HR ambiente.
- » Evitar contaminación con otros productos de menor HCR.

6- RESISTENCIA MECÁNICA DEL GRÁNULO

La Resistencia Mecánica del gránulo es un indicador de cuánto éste soportará los impactos y esfuerzos mecánicos, debido a repetidas acciones durante su manipulación a granel, sin pérdida apreciable de su calidad física. Dicho parámetro se mide como:

- A) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** Es la resistencia a la fractura de un gránulo sometido a una carga estática.
- B) RESISTENCIA AL IMPACTO:** Es la resistencia a la fractura de un gránulo sometido a una carga dinámica.
- C) RESISTENCIA A LA ABRASIÓN:** Está determinada por la cantidad de finos y principalmente de polvo, formados por fricción entre gránulos y entre éstos y las instalaciones durante su manipulación.

Durante las operaciones de carga a granel, el producto es sometido a importantes fuerzas abrasivas y de impacto, debido al movimiento en corrientes de producto de gran magnitud. Las instalaciones modernas de carga/descarga pueden mover hasta 500 tn/h de producto, y en algunos casos hasta 1500 tn/h (China, Taiwán, Corea del Sur).

Cuando ocurre un gran número de fracturas de gránulos, la segregación produce altas concentraciones localizadas de finos y polvo, y altera la distribución de tamaños original del producto. Por otra parte, se produce un impacto ambiental y en las condiciones de salud e higiene laboral, debido a que durante la carga/descarga del producto, el polvo queda en suspensión.



La segregación balística y el daño mecánico pueden minimizarse ajustando las condiciones operativas de la carga/descarga y mediante un diseño apropiado de los sistemas. Por ejemplo, el empleo de chutes de carga curvos y telescópicos que disminuyen la velocidad y la altura de caída del producto durante la carga de bodegas, produce un descenso en la cantidad de producto degradado a finos y polvo por impacto mecánico. De todas formas, las buenas prácticas aconsejan emplear, siempre que sea posible, zarandas y desterronadores durante las operaciones de carga y descarga, para separar finos/polvo y aglomerados, respectivamente.

7 - CONTAMINACIÓN DEL PRODUCTO

Los efectos de la contaminación durante el transporte y almacenamiento de fertilizantes pueden tener importantes consecuencias: promover desde reacciones químicas que conducen a una pérdida de calidad física, o producir perturbaciones en procesos químicos donde el fertilizante es empleado como materia prima.

Es imprescindible mantener un estricto control del estado y las condiciones de los transportes e instalaciones utilizados para mover el producto, ya que éstos son normalmente el origen de las contaminaciones.

8 - ÁNGULO DE REPOSO

Es una propiedad típica de los fertilizantes y de todo material a granel. Es el ángulo formado entre la generatriz del cono y su base:



Este parámetro es puramente físico, determinado por las propiedades de las partículas. Es de gran importancia para la correcta y segura estiba del producto en los buques, pues tiene estrecha relación con el valor del ángulo de rolo (Oscilación del buque, escorando alternativamente a una y otra banda por efecto del

viento y de las olas) y el posible corrimiento de la carga, afectando la estabilidad transversal de la embarcación.

Los factores que disminuyen el ángulo de reposo son:

- » Mayor tamaño y esfericidad de partícula.
- » Menor rugosidad de la superficie de la misma.
- » Menor humedad de la pila.
- » Mayor homogeneidad de la pila.

La Urea Granulada con mayor contenido promedio de partículas "gruesas" tiene un ángulo de reposo inferior al de la urea perlada, en promedio más fina. Esto es debido a que las partículas más chicas tienen mayor densidad y las fuerzas de cohesión entre estas son mayores que entre partículas más grandes, que tienden a tener una mejor fluencia. Por lo tanto, sin considerar la forma, estas últimas formarán conos de mayor superficie en su base y más "aplanados".

9 - FREE FLOWING (FLUENCIA)

La presencia de aglomerados (caking) afecta negativamente las propiedades de flujo. Ya sea que éstos se produzcan por un excesivo contenido de agua libre en el producto, altas temperaturas y presiones durante el almacenamiento, etc., el resultado será el mismo: formación de aglomerados de diferente consistencia que afectarán la capacidad del producto para fluir durante su manipulación. Una presencia elevada de finos y polvo también afecta las propiedades de flujo del material, al aumentar su grado de compactación.

En cuanto a la forma, la esfericidad favorece el free flowing y la formación de pilas con ángulos de reposo "bajos".

Respecto a la relación **ÁNGULO DE REPOSO – FLUENCIA**, en general se verifica que:

ÁNGULO DE REPOSO (°)	CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO
> 50	Sin flujo libre
30-50	Pobre - aceptable
< 30	Flujo fácil



10 - DUSTINESS (TENDENCIA A FORMAR POLVO)

La tendencia de un fertilizante a formar polvo durante su almacenamiento y transporte es la resultante de la combinación de varios factores mencionados anteriormente:

- » Granulometría deficiente (importante presencia de finos).
- » Pobres propiedades mecánicas (inherentes a la naturaleza del producto o "inducidas").
- » Formación de cristales del propio fertilizante u otras sales sobre la superficie del gránulo (que por abrasión se desprenden como polvo), a partir de la absorción-desorción de humedad o de reacciones químicas.
- » Contaminaciones.
- » Ausencia o baja adherencia de agentes anticaking

Cualquiera sea la causa, el impacto se mide en dos áreas: sobre el medio ambiente y el ambiente laboral, y sobre la calidad del producto.

Generalmente uno de los factores o procesos mencionados anteriormente producen o potencian otros. Por ejemplo, un producto con pobres propiedades mecánicas o un alto contenido de finos (como vimos la resistencia a la fractura, desciende dramáticamente con la disminución del tamaño de partícula), traerá aparejado más finos durante su manipulación, lo cual producirá polvo por fricción en el producto.

Si durante el almacenamiento el producto incorpora humedad, o evapora el exceso de agua libre, esto conducirá a la formación de aglomerados (caking) debido a que el polvo actuará como cemento de contacto entre gránulos adyacentes.

Durante posteriores movimientos de este material, parte de los aglomerados se romperán formando finos y polvo, realimentando así el ciclo.

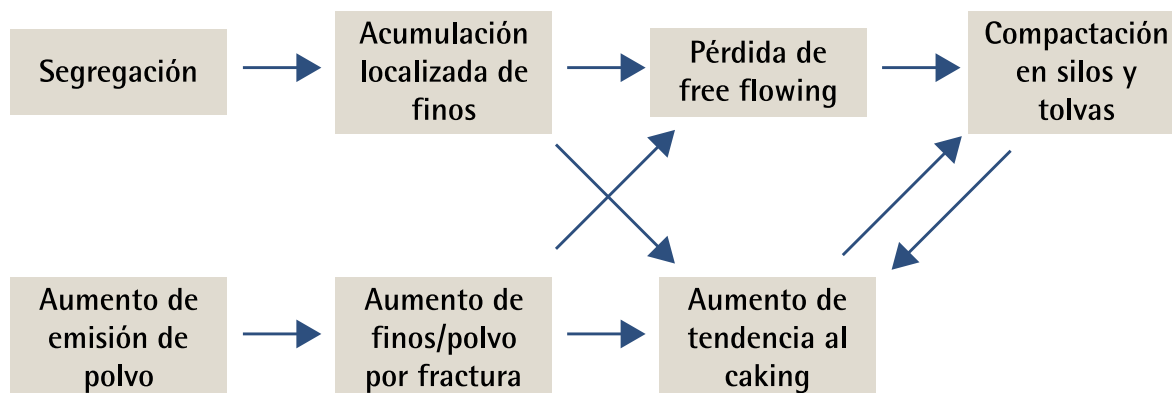


CONSIDERACIONES FINALES

- » Siempre se perderá calidad a lo largo de la cadena de producción-distribución. La magnitud de esta pérdida dependerá de las propiedades iniciales y del tratamiento que reciba el producto.
- » La necesidad de bajar tiempos de carga/descarga y transporte, exige más al producto mecánicamente; es necesario apuntar siempre a obtener la mejor calidad física en la fabricación y conservarla a lo largo de la Cadena de Distribución.
- » Un producto de buena calidad puede deteriorarse fácilmente, si el estado de los depósitos y transportes no es el óptimo, o si éstos están contaminados con otros productos. Debe extremarse la rigurosidad de los controles de dichas instalaciones y medios.
- » Se deben evitar las fluctuaciones cíclicas de temperatura y humedad en los sitios de almacenamiento e incluso durante el transporte, y los tiempos de almacenamiento prolongados.

» Para optimizar cada subproceso desde la fabricación hasta la llegada al usuario final, es necesario conocer y comprender las propiedades del producto, como así también la forma adecuada en que debe ser manipulado y almacenado. Para el análisis de los reclamos, en la búsqueda de la causa raíz, serán estos subprocesos los analizados.

» En materiales con baja dispersión inicial de tamaños, habrá algo de segregación desde el inicio mismo del ciclo almacenamiento – transporte. Este hecho podrá ser suficiente para “disparar” otros procesos que impliquen pérdida de calidad.



No siempre es posible, debido a sus altos costos, acceder a las mejores tecnologías para prevenir los problemas que hemos visto. Sin embargo, sí es factible avanzar en el conocimiento, lo cual nos permitirá optimizar los recursos con los que contamos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:

- » Dardanelli J.; D. Collino; M. Otegui y V. Sadras. "Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano". Cap 16, Producción de Granos, bases funcionales para su manejo. Pág. 376 – 440. Ed. Facultad de Agronomía - UBA. 2004.
- » Darwich, N. "Manual de Fertilidad de suelos y uso de fertilizantes". Cap 2. 2005.
- » Gil R.C. "Uso y Manejo del agua en Agricultura Sustentable". Instituto de Suelos. EEA INTA Castelar.
- » Havlin J. et al. "Soil Fertility and Fertilizers". 1999.
- » Micucci F y Álvarez C. "El agua en los sistemas extensivos. III. Impacto de las prácticas de manejo sobre la eficiencia de uso del agua".
- » Micucci F.G.; Taboada M.A. y Gil R. "El agua en la producción de cultivos extensivos. I. El suelo como un gran reservorio eficiente".
- » Micucci F.G.; Taboada M.A. y Gil R. "El agua en los sistemas extensivos. II. Consumo y eficiencia de uso del agua de los cultivos".
- » Quiroga, A., D. Funaro y O. Ormeño. "Aspectos del manejo del agua del suelo para el cultivo de trigo". Actualización técnica de trigo. EEA INTA Anguil. Pág. 17-32. 2003.
- » Taboada M.A y Micucci F. Fertilidad Física de los Suelos. "Disponibilidad y Absorción de agua por los cultivos". Cap II. 2006.
- » Vivas, H. "Fertilizando el suelo: residualidad de los fertilizantes en rotaciones de cultivos y pasturas". Actas Congreso Nacional de AAPRESID, 11. Rosario, 26 al 29 de agosto 2003.