METODOS DE PRODUCCION DE FERTILIZANTE GRANULAR NPK *

Ventajas y desventajas

La discusión en este documento se restringe a fertilizantes granulares sólidos. Esto no quiere decir que los fertilizantes líquidos no tienen importancia, simplemente una discusión sobre fertilizantes fluidos va más allá de los objetivos de este artículo.

Desde el punto de vista de uso de fertilizantes, existen una serie de aspectos importantes que son comunes en todo el mundo y que se tornarán aún más importantes, a medida que la población crezca, la tierra disponible para la producción de alimentos disminuya y el costo de la mano de obra se incremente. Algunos de estos aspectos son:

- La economía del uso de los fertilizantes esta gobernada principalmente por el valor del incremento en rendimiento del cultivo, como respuesta a cada unidad de nutrimento aplicado como fertilizante.

- Es necesario optimizar los métodos de producción, distribución y aplicación de fertilizantes.

- Los fertilizantes deben tener el más alto contenido de nutrientes posible, para minimizar el costo de distribución y aplicación.

- Es más económico aplicar fertilizantes que tengan varios nutrientes. Esto generalmente se ajusta mejor al manejo adecuado de la finca.

- La incorporación de micronutrientes en el fertilizante se volverá cada vez más importante, a medida que las prácticas de manejo de la finca se tornen más sofisticadas.

Dados los parámetros anteriores, las inquietudes que más frecuentemente se presentan son:

- "Qué métodos de producción y distribución de fertilizantes se encuentran disponibles y como éstos pueden satisfacer en mejor forma las necesidades de un determinado país o región"?

- "Cuáles son las opciones y como se pueden evaluar éstas frente a la disponibilidad de recursos y requerimientos de fertilizantes"?

No existe una sola respuesta o un solo método correcto para un determinado país o región. Existen un sinnúmero de variables que influyen en la dirección a tomarse. Estas variables pueden ser de naturaleza técnica, económica, política y en los últimos tiempos ambiental. En algunas ocasiones, la política juega un papel importante en la estrategia agrícola de un país y en algunas ocasiones tiene gran influencia en la manera como los fertilizantes son producidos y/o distribuidos en ese país.

La preocupación mundial sobre el ambiente ejerce gran presión sobre las políticas agrícolas, particularmente en la producción y uso de fertilizantes. Esto con seguridad jugará un papel cada vez más importante en las decisiones a tomarse en el futuro con respecto a la producción y distribución de fertilizantes.

Con todo lo anterior en mente, es necesario discutir las opciones disponibles. Los cuatro principales procesos para producir fertilizante granular que contenga varios nutrientes son:

- Granulación química

- Granulación al vapor

- Compactación

- Mezclas físicas

A continuación se presentan estas cuatro tecnologías básicas. Esta discusión no pretende ser técnica en naturaleza sino mas bien pretende presentar una descripción general de los métodos de producción disponibles.

Granulación química

Este proceso es el más complejo y con él se producen en la actualidad la mayoría de los fertilizantes sólidos que contienen varios nutrientes. La granulación química puede utilizarse para producir grados finales de fertilizante NPK (como a menudo se hace en Europa Occidental) o para producir compuestos intermedios, que pueden ser utilizados más adelante para producir los grados finales de fertilizante NPK (como se practica ampliamente en los Estados Unidos).

El concepto de granulación química comenzó en los años 30 y fue desarrollado como un método que permita incorporar dos o más nutrientes a una forma fácil de manejar y transportar y que la producción sea consistente en términos del contenido de nutrientes. En otras palabras, se busca producir un fertilizante con un contenido específico de nutrientes en forma consistente y confiable. El propósito original de la granulación química era evitar que el material se endurezca en los sacos durante el almacenamiento y transporte, de modo que el producto llegue al agricultor en una forma adecuada para aplicación en el campo.

*** Tomado de: Taylor, L. 1992. Métodos de producción de fertilizantes granulados NPK. Memorias del Seminario de Fertilización Balanceada. Palmaven-INPOFOS. Valencia, Venezuela. Octubre, 1992.**

Actualmente, más del 80% de los fertilizantes sólidos son transportados al granel y la tecnología de granulación química asegura que el material fluya libremente para facilitar la carga y descarga. Además se minimiza el endurecimiento durante el transporte y almacenamiento y los gránulos individuales son lo suficientemente fuertes para resistir el manejo sin que se rompan.

La granulación química se logra al juntar sólidos, líquidos y/o gases causando una reacción química que permite un relativo estado estable de aglomeración y un crecimiento controlado de las partículas. La cantidad y el tipo de sólidos, líquidos y gases, así como la magnitud de la reacción química, varían de acuerdo con los diferentes procesos, materia prima y productos fabricados. Sin embargo, el resultado final es un gránulo estable de tamaño y contenido de nutrientes consistentes.

Generalmente, los sólidos, líquidos y/o gases se juntan en un granulador giratorio y el material húmedo y plástico sale continuamente del granulador y entra a un secador giratorio. En este secador ocurre una considerable consolidación de los aglomerados y la formación final de gránulo. La evaporación del agua permite el fortalecimiento de los enlaces entre las partículas individuales de cada gránulo. Después el producto es clasificado por tamaño, enfriado y almacenado.

La mayor parte de la granulación de NPK's en las Américas se basa en contenidos altos de sólidos. La cantidad de material líquido requerido (generalmente amonio, soluciones salinas, ácidos y vapor), para lograr un nivel apropiado de fase líquida y calor, es relativamente pequeña. Como resultado, la infraestructura para el almacenamiento y manejo de la mayor parte de la materia prima es convencional y el bajo nivel de procesamiento (químico) simplifica el equipo de la planta y los requerimientos técnicos. Este nivel de tecnología generalmente funciona bien para plantas regionales con un rango de capacidad productiva entre 100 000 a 200 000 toneladas por año aproximadamente. Hubo una época en la que existían más de 200 plantas regionales de granulación operando en los Estados Unidos.

Generalmente en Europa, las plantas de granulación química se desarrollan como plantas integrales altamente sofisticadas (asociadas con la producción de amonio y ácido fosfórico) con una capacidad muy alta. Estas plantas producen mucho más de lo que se consume localmente y exportan apreciables cantidades de NPK's de alta calidad al resto del mundo.

Los procedimientos de granulación química se usan para producir la mayor parte de los fertilizantes granulados compuestos que se consumen en el mundo y también son responsables de la producción de algunos fertilizantes simples como la urea y el superfosfato granular y productos binarios como DAP y MAP.

Granulación al vapor

La granulación al vapor es un método que utiliza solamente sólidos. Estos materiales sólidos, que deben estar en forma de polvo o material fino, son mezclados en proporciones necesarias para obtener las concentraciones requeridas de nutrientes. Luego se introducen en el granulador con vapor y/o agua para proveer de suficiente fase líquida, calor y plasticidad que permiten que el material seco se aglomere y forme gránulos.

Los gránulos húmedos y plásticos son secados en un secador de tambor giratorio y luego clasificados por tamaños. El material de rechazo es reciclado en el granulador. Generalmente es necesario enfriar el material, antes o después de clasificarlo, dependiendo del tipo de fertilizante y condiciones locales (temperatura y humedad). El enfriamiento se hace también en tambores giratorios.

La granulación al vapor no requiere de reacciones químicas para la producción de gránulo pero tiene aplicación limitada debido a razones que se discutirán más adelante.

Compactación

Este método de producción de fertilizantes NPK utiliza fuerza mecánica para formar partículas densas (gránulos) a partir de materia prima en partículas pequeñas o en polvo. El proceso de compactación es básicamente una granulación seca, por esta razón no existe un medio líquido y/o una reacción química para "cementar" los gránulos. Las partículas finas de materia prima se someten a una presión lo suficientemente alta para juntarlas estrechamente y acercar lo suficiente las superficies para que las fuerzas intermoleculares y electrostáticas mantengan el gránulo unido. La tecnología de compactación ha sido usada por muchos años para producir potasa compacta (granular o gruesa). La mayor parte de la potasa granular es producida de esta manera.

El proceso de compactación se inicia pesando y mezclando la materia prima fina o granulada en la proporción de nutrientes requerida. La mezcla resultante se introduce en un molino de alta eficiencia para asegurar que todo el material sea de tamaño apropiado para la compactación. En este punto, la materia prima nueva y el material compactado de tamaño muy pequeño, que ha sido rechazado y que se recircula, entran en una mezcladora continua de alta intensidad. Comúnmente, la proporción de material reciclado a materia prima nueva es de 1:1 y 2:1. La mezcla homogénea se introduce luego al compactador. El compactador consiste de prensas de rodillo que utilizan el principio de aglomeración por presión. Varios criterios, tales como la configuración de la superficie, diámetro, velocidad rotacional y presión (fuerza) del rodillo, así como el tipo de productos compactados, tienen un fuerte efecto sobre la producción, la calidad y los requerimientos de operación de la planta. El producto elaborado es una lámina plana 5-20 mm de grosor.

La lámina producida en el compactador debe quebrarse y el material resultante debe clasificarse de acuerdo al tamaño deseado. La reducción del tamaño se puede lograr por medio de varios métodos de fraccionamiento, incluyendo molinos convencionales (cadena o jaula), o molinos específicamente diseñados que operan a velocidades lentas. El sistema de clasificación o tamizado es generalmente un circuito cerrado de donde el producto final va al acabado o al almacenamiento y los finos regresan al inicio del proceso para reciclado. La eficiencia del fraccionamiento y tamizado tiene un significativo efecto en la capacidad de la planta.

Se puede requerir de varios pasos para el acabado final del producto, dependiendo de la materia prima y del producto que se está manufacturando. Los gránulos irregulares de filos agudos se rotan en un tambor de abrasión para redondear las puntas filas. En el caso de partículas difíciles de compactar, se puede requerir de humedad (vapor o agua) junto con el secado. En ocasiones se puede añadir una capa de recubrimiento para limitar el endurecimiento del material.

Se enfatiza el hecho de que no existe reacción química en este proceso, aun cuando las propiedades de la materia prima (compatibilidad química, características térmicas y plasticidad) tienen gran influencia en el desarrollo normal del proceso.

El producir NPK's por medio de compactación es una idea relativamente nueva, aun cuando varias plantas han estado operando en Europa por más de 20 años. Parece que la compactación, para producir fertilizantes compuestos, exclusivamente con materia prima seca, ha tenido algún éxito en el mundo.

El uso de plantas de compactación, junto con una o más plantas de mezcla física, ofrece posibilidades interesantes en términos de materia prima, productos a elaborarse e incorporación de micronutrientes.

Mezclas físicas

Esta tecnología se refiere a la mezcla física de fertilizantes granulados sin que intencionalmente se introduzcan reacciones químicas o se agranden las partículas. Se discute al final el método de mezclas físicas debido a que este procedimiento no es posible sin la materia prima (granular o compactada) producida por uno de los métodos discutidos previamente. La materia prima usada en las mezclas físicas debe estar en forma granular, de modo que podría venderse, distribuirse o aplicarse como un fertilizante simple o como un compuesto binario, (urea, fosfato diamónico y muriato de potasio).

Aun cuando el proceso de mezclas físicas es relativamente simple, a menudo se tiende a sobre simplificarlo produciendo materiales de mala calidad, contribuyendo de esta forma a la creencia común de que las mezclas físicas son productos de inferior calidad.

Las mezclas físicas requieren materia prima apropiada que debe ser pesada adecuadamente para asegurar que los nutrientes requeridos estén presentes antes de proceder a la mezcla.

Una mezcla física, para ser aceptable, debe tener ciertas características. Las más importantes son:

- debe fluir libremente
- debe tener un contenido correcto de nutrientes
- no se debe segregar
- no debe ser higroscópica (dentro de ciertos límites)

Para poder cumplir con los criterios anteriormente expuestos, es esencial que se cumplan ciertos procedimientos técnicos durante el proceso.

Es absolutamente necesario que las partículas de la materia prima a usarse en la mezcla física tengan el mismo tamaño. Es importante que el método de pesaje sea confiable y consistente, preferiblemente un sistema que pueda ser automatizado y controlado sin recurrir a la intervención humana. La necesidad de controlar adecuadamente la entrada de la materia prima al proceso, para elaborar un producto final de calidad, no es diferente a la de las plantas de granulación química o compactación. Sin embargo, este proceso no se ejecuta con la precisión o control de otros procesos más sofisticados.

Los ingredientes, una vez pesados, deben ser combinados en una mezcladora eficiente que tenga capacidad probada de producir mezclas de calidad. Esta es una parte del procedimiento donde a menudo ocurre sobre simplificación. De hecho, en algunas áreas se hacen mezclas físicas mezclando los materiales con pala en un patio de concreto que luego se ensacan.

El proceso inicial para casi todos los métodos de producción comienza con la mezcla del material sólido y seco y la calidad del producto final depende de este procedimiento. Es evidente entonces que si la mezcla se hace correctamente (automatización, eficiencia del mezclado), se pueden producir mezclas físicas de calidad.

Después de mezclar la materia prima, es muy importante la forma de manejo del material para prevenir la segregación. Es importante enfatizar una vez más que es esencial, para evitar segregación del material, que el tamaño de las partículas o gránulos de la materia prima a mezclarse sea igual. Después de mezclado, el producto debe ser manipulado lo menos posible antes de introducirlo en las sacos. Se debe evitar que las mezclas fluyan por los surtidores y se acumulen en las tolvas o en las bodegas.

Es necesario indicar nuevamente que no existe un método de producción que sea mejor que los otros. Sin embargo, y aun cuando existen varios aspectos a considerarse, generalmente se puede llegar a una clara decisión de que método puede utilizarse en un país en particular. A continuación se discuten las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de producción.

Ventajas y desventaja de los métodos de producción

Si se asume que la meta de cualquier método de producción es la de manufacturar fertilizantes compuestos, que tengan el contenido de nutrientes deseado y que puedan satisfacer de mejor forma los requerimientos agronómicos del área donde se comercializan, estos fertilizantes deben ser manufacturados en forma más económica y al mismo tiempo deben ser sensitivos con el medio ambiente. Al aplicar demasiado, el exceso no solo será desperdicio, sino que potencialmente también puede dañar el cultivo y/o el ambiente. Al aplicar muy poco no se obtiene la respuesta deseada del cultivo.

Granulación química

Desde el punto de vista técnico, la granulación química permite obtener el mejor fertilizante compuesto sólido. Todos los ingredientes se incorporan en la fórmula antes de la formación de los gránulos de manera que cada gránulo individual contiene todos los nutrientes en la proporción predeterminada. Estos gránulos son de muy alta calidad, con las mejores características físicas posibles (tamaño, resistencia al resquebrajamiento, facilidad de fluir, etc). Estas propiedades pueden ser controladas mediante la selección cuidadosa de la materia prima y del cuidadoso control de las operaciones en el proceso. Por estas razones se requiere que las plantas de granulación química sean complejos industriales grandes altamente sofisticados y costosos de instalar. Es importante que estos complejos estén cerca de las fuentes de materia prima para poder producir en forma económica y eficiente.

En general, los complejos de granulación química que han tenido éxito tienen las siguientes características:

- Son plantas grandes e integrales que producen los ácidos necesarios y/o amonio y/o están localizadas en o cerca de las fuentes de materia prima.
- Producen un número limitado de fórmulas, las cuales pueden ser manufacturadas económicamente en grandes cantidades.
- Distribuyen sus productos en una gran área de mercadeo, generalmente internacional y no local.
- Tienen un mercado propio servido con formulaciones especiales y tienen una fuente local, barata de materia prima.

Algunas plantas pequeñas de granulación todavía operan y sirven a ciertas regiones pero el número de esas plantas está reduciéndose. Debido a la naturaleza de la granulación química, es difícil producir, en forma económica, un gran número de fórmulas (un requerimiento creciente debido a que la producción de alimentos se expande y diversifica). La situación se torna especialmente difícil si se debe importar la materia prima. La economía de administrar una planta de granulación química, que debe importar la materia prima, generalmente no funciona para una pequeña planta regional. Obviamente, existen excepciones en situaciones especiales donde existen fuentes locales de materia prima, tales como amonio y/o ácido sulfúrico, que son una fuente económica de materia prima con la cual se puede producir los grados finales.

Granulación al vapor

La granulación al vapor puede ser un proceso adecuado para plantas regionales y puede tener cierta aplicación en situaciones particulares. La ventaja con este método es que se usa todo el material sólido en polvo que se combina con vapor para producir NPK's en una forma granular que tienen características similares al producto químicamente granulado.

Las desventajas de este método son : las plantas de granulación a vapor son relativamente costosas de construir y operar y tienen limitaciones considerables en los productos que se pueden elaborar, así como en la materia prima que pueden utilizar. Las características físicas del material producido generalmente no son tan buenas como los granulados químicos. La granulación al vapor ha tenido algún éxito en India, pero no es ampliamente aceptada en otras partes del mundo.

Compactación

La compactación ofrece ventajas tanto de los métodos de granulación como del método de mezcla física. La compactación es un método por el cual materia prima seca y en forma de polvo se consolida mediante simple presión. Como la granulación, la compactación combina todos los ingredientes en un solo gránulo para producir la proporción de nutriente deseada. No hay reacción química y no se añade humedad lo que simplifica enormemente el proceso, reduce los requerimientos de energía y reduce la corrosión creada por las reacciones químicas. Cambiar la formulación es un proceso rápido y relativamente fácil. El nivel de contaminación también se reduce debido a que solo se usa materia prima seca en el proceso.

Otras ventajas adicionales son: costos relativamente bajos de inversión (comparado con la granulación), bajo requerimiento de personal y la simplicidad en la operación. La compactación puede usar varios tipos de materia prima (productos secos, en forma de polvo o granular), factor que no solamente redunda en la economía de la planta sino que también permite producir una amplia variedad de grados de fertilizantes. Las desventajas de la compactación incluyen:

- La materia prima debe tener un muy bajo contenido de humedad.
- Limitaciones en el uso de cierta materia prima como la urea, superfosfato y nitrato de amonio por compatibilidad química e higroscopicidad.
- Algunos productos compactados forman filos agudos que si no se tratan adecuadamente antes del manejo (pulido y/o endurecimiento de la superficie) tienden a romperse y crear material muy fino.
- Los gránulos producidos por medio de la compactación no son esféricos y son de forma más irregular que los obtenidos por medio de granulación. Esto puede crear cierta resistencia a nivel de finca debido a que este producto no tiene la forma de los productos que en forma tradicional se han usado.

Mezclas físicas

Las plantas de fertilizantes que producen NPK's basándose en las mezclas físicas son considerablemente más baratas de construir y son más fáciles de operar que las plantas de granulación o compactación de igual tamaño. Las plantas de mezcla física tienen más flexibilidad que las de granulación tanto en el cambio de formulaciones como en el número de grados que pueden producir. Sin embargo, el tipo de la materia prima adecuada para el proceso es limitado. Las principales ventajas de la mezcla física son:

- Económicas: menor capital de trabajo, costo del capital y costo de producción.
- Técnicas: La principal ventaja técnica es la simplicidad del proceso. La mezcla física requiere de equipo y procesos de operación relativamente simples. La producción puede detenerse y reiniciarse fácilmente de acuerdo a la demanda. Epocas bajas de producción no causan ningún problema técnico o económico.
- Flexibilidad en el uso de la materia prima y productos manufacturados: El proceso de mezcla física involucra solamente el pesaje y mezcla de los materiales secos. Es muy simple cambiar la producción de un grado de fertilizante a otro (proporción y composición de nutrientes) y este hecho es probablemente la principal ventaja de las mezclas físicas. El proceso es muy flexible con respecto al número de grados y proporciones de nutrientes que se pueden preparar a partir de un reducido número de materias primas.
- Calidad : Se pueden producir mezclas de calidad, pero esto depende en mucho de la calidad y compatibilidad de la materia prima. Por lo tanto, es esencial que la materia prima usada en el proceso sea químicamente compatible, que el tamaño de los gránulos sea igual y lo suficientemente durable para resistir la degradación durante el manejo.

Las desventajas del proceso de mezclas físicas son bastante obvias:

- Aun cuando el material de alta calidad requerido para el proceso de mezclas físicas está generalmente disponible en el mercado internacional, en ocasiones no se usa por razones económicas.
- La segregación causada por diferencias en el tamaño del material usado en la mezcla y/o por el pobre manejo del producto puede causar respuestas erráticas del cultivo.
- Puede ser difícil el incorporar micronutrientes en las mezclas. Aun teniendo excelente distribución, la cantidad de micronutrientes en la mezcla puede ser tan pequeña que algunas plantas en el cultivo no reciben la cantidad necesaria si no se tiene cuidado en la manera como los micronutrientes son incorporados.
- Debido la inversión relativamente baja y a los buenos procedimientos de control de operación existe la ten-

dencia a utilizar equipos que no son del todo apropiados lo que resulta en mezclas de pobre calidad. Por ejemplo, el pesaje puede ser hecho cargando el material con una pala mecánica y la mezcla resultante es totalmente dependiente de las acciones del operador.

En este punto es necesario enfatizar una vez más que no se debe simplificar demasiado el proceso de mezcla física. Uno de los mayores problemas del proceso en todo el mundo ha sido la tendencia de usar a los Estados Unidos como ejemplo en el proceso. Es cierto que en los Estados Unidos han estado haciendo mezclas por más de 30 años y este proceso domina el mercado americano de producción de NPK's, pero no existe similitud entre los Estados Unidos y el resto del mundo en cuanto a la distribución de NPK's a los agricultores. En los Estados Unidos el sistema tiene las siguientes características:

- Areas agrícolas dominadas por fincas grandes.
- Excelente sistema de transporte de materia prima, al granel o en pequeñas cantidades, en todo el país (camiones y tren).
- Virtualmente todas las mezclas son producidas, entregadas y aplicadas al granel por métodos altamente mecanizados.
- Existen muchas plantas de mezcla física en los Estados Unidos (5 000 o más) que sirven un mercado local pequeño (20 a 30 kilómetros) y ofrecen una variedad de servicios.

La condiciones en el resto del mundo son muy diferentes. Latinoamérica y el Caribe pueden caracterizarse de la siguiente manera:

- Las fincas son pequeñas.
- La materia prima debe ser importada al granel en grandes cantidades ya que no están disponibles localmente.
- Los sistemas internos para el transporte y manejo de material al granel son limitados.
- Virtualmente todos los fertilizantes son entregados a los agricultores en sacos.
- Los fertilizantes se aplican generalmente a mano en cantidades relativamente pequeñas por lo cual la calidad del producto es muy importante. Unos pocos sacos pueden ser la compra total de un agricultor.
- Se siembran una gran variedad de cultivos y los tipos de suelos varían enormemente.
- Los costos de la mano de obra son bajos.
- La mayor parte de la región es tropical o subtropical y los ciclos de los cultivos son largos.

Todo esto significa que la metodología de mezclas físicas usada en los Estados Unidos no es transferible al resto del mundo sin modificaciones significativas. Se deben seguir procedimientos técnicos apropiados para poder producir mezclas de calidad. Pequeñas plantas locales con poco control y carentes de procedimientos operativos apropiados siempre crean problemas. Por otro lado, es cierto que se pueden producir mezclas físicas de buena calidad, tal como se producen fertilizantes granulados y compactados de buena calidad, cuando se siguen procedimientos apropiados. Está claro que tanto los compuestos granulados y las mezclas tienen ventajas y desventajas importantes en lo que se refieren a la economía de la tecnología de producción y del uso en las fincas. A menudo, la importancia relativa de las condiciones locales. Teniendo todo esto en cuenta, estas son las posibles elecciones:

- Importar NPK's químicamente granulados y listos para aplicar, con una proporción de nutrientes predeterminada que cubra mejor los requerimientos locales.
- Importar materia prima (o usar materia prima local disponible) para producir NPK's granulado o compactado para satisfacer los requerimientos locales.
- Importar materiales que han sido granulados o compactados cerca de la fuente de materia prima (potasa de Canadá, urea de Trinidad, etc.) y mezclarlos para satisfacer los requerimientos locales.

Como tomar la decisión?

No existe una sola opción para una región o país. La conclusión lógica deberá basarse en la evaluación de los factores que ya se han discutido, principalmente factores económicos, requerimientos técnicos, preocupaciones ambientales y condiciones políticas. Las preguntas a responder son obvias:

- Existe materia prima local?. Que material se puede usar inmediatamente y cuál tiene que ser desarrollada, cuánto cuesta y cuál será el efecto de su uso a largo plazo.
- Que tan grande es el área geográfica a la que se debe servir?. Cuánto se debe producir para satisfacer las necesidades del mercado y como se transportará el producto.
- En qué forma requieren los agricultores el producto final: sacos o al granel?
- Si se tiene que importar materia prima, que formas permite manufacturar el mejor producto para satisfacer los requerimientos específicos del cultivo al costo más bajo?

Generalmente se concluye que el mejor lugar y método para producir fertilizante de granulación química (simples o compuestos), son las plantas sofisticadas ubicadas cerca o en la fuente de materia prima. Estos productos pueden ser manufacturados económicamente cerca de sus fuentes de materia prima, con buen control técnico, en plantas que son lo suficientemente grandes para encarar y probablemente resolver muchos de los problemas ambientales asociados con la producción. De estos sitios, los productos pueden ser transportados para satisfacer los requerimientos locales de compactación o mezcla física. ♣