

## Una breve reflexión sobre el uso y desarrollo de los fertilizantes de liberación lenta y controlada.

Palabras claves: Eficiencia, lixiviación, medioambientalmente, nutrición, volatilización.

### Introducción

La industria del fertilizante enfrenta un desafío permanente para aumentar la eficacia de sus productos, mejorando los fertilizantes en uso o desarrollando nuevos fertilizantes específicos. (Maene, 1995; Trenkel, 1993).

Aparte de los posibles problemas técnicos, ésta no es una tarea fácil debido al mecanismo de nutrición de la planta. Normalmente, las plantas absorben sus nutrientes a través de sus raíces. Sin embargo, la tierra y las plantas son dos sistemas antagónicos que compiten por la disponibilidad de los nutrientes que son aplicados en la tierra. (Amberger, 1996).

Esta competencia es el problema principal que se produce siempre que se aplique nutrientes en forma de fertilizante mineral a la tierra, para la alimentación de las plantas.

No hay, sin embargo, ninguna definición científica universalmente aceptada de la eficiencia de los nutrientes (NUE).

(FINCK, 1994) ofrece las indicaciones siguientes sobre la captación de nutrientes, relacionando la eficiencia de los nutrientes aplicados en forma de fertilizantes minerales:

- La proporción de nitrógeno utilizado en un fertilizante mineral es aproximadamente 50-70% durante el primer año.
- La proporción de fósforo utilizado en un fertilizante mineral es 10-25% (promedio 15%) durante el primer año.
- La proporción de potasio utilizado en un fertilizante mineral es aproximadamente 50-60% durante el primer año.

Uno de los principales factores que afecta la eficiencia de los fertilizantes son las posibles pérdidas de los mismos, los cuales se producen fundamentalmente en el nitrógeno a través de la inmovilización, desnitrificación, volatilización y lixiviación.

Por consiguiente, ha sido un reto para la industria de los

fertilizantes desarrollar nuevos tipos de fertilizantes especiales que eviten o reduzcan tales pérdidas. (Joly, 1993).

Estos tipos especiales pueden ser enumerados como:

- Fertilizante foliar.
- Fertilizante de liberación lenta, encapsulado o recubierto.
- Fertilizantes inhibidores y estabilizadores de la ureasa (fertilizantes asociados con la nitrificación o inhibición de la ureasa).

De hecho, la proporción de nutrientes a utilizar podría mejorarse considerablemente a través de una aplicación foliar, porque se evita cualquier inmovilización o lixiviación. En la práctica se hace imposible económicamente aplicar todos los nutrientes necesarios en las hojas de la planta. (Amberger, 1996).

Otra posible ruta de mejorar la eficacia de los nutrientes es emplear fertilizantes minerales, particularmente fertilizantes nitrogenados, que liberen los nutrientes necesarios para las plantas, los cuales son llamados fertilizantes inteligentes. Al aplicar un fertilizante de liberación lenta y controlada, la planta puede consumir los nutrientes cuando lo requiera.

(SHOJI y GANDEZA, 1996), consideran que el fertilizante ideal debe poseer al menos tres características fundamentales:

- Que sólo necesite una única aplicación a lo largo de su período de crecimiento, con la proporción de nutrientes requeridos para el desarrollo óptimo de la planta.
- Presentar un porcentaje máximo de producción.
- Tener efectos perjudiciales mínimos en la tierra, agua y medioambiente.

Los fertilizantes de liberación lenta y controlada reúnen estos requisitos de fertilizante ideal.

## Desarrollo

### Definiciones y especificaciones generales.

Desde la antigüedad se conoce que al incorporar al suelo ciertos productos o sustancias se mejoraba el rendimiento de los cultivos. Pero el estudio sistemático sobre el tema comienza hace aproximadamente 200 años, cuando Liebig demuestra el papel que cumplen las sustancias minerales en la nutrición de los vegetales. (<http://www.agrodes.com>, 1999).

Hoy sabemos perfectamente la influencia que tienen la presencia de ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas sobre los cultivos. También somos conscientes de la pérdida de nutrientes que se produce por efecto de las cosechas. Para cuantificar estas pérdidas podemos decir con bastante certeza que por cada 100 kg de maíz o trigo producido, se exportan del suelo aproximadamente 15 kg de nutrientes, lo cual nos lleva a pensar que para mantener la productividad es necesario reponer al suelo lo que este entrega en cada cosecha.

La fertilización tiene como objetivo precisamente el reponer al suelo las pérdidas que en él se producen por distintas causas y esto debe realizarse cada vez de forma más eficiente.

En la última década han tomado importancia las llamadas tecnologías de liberación controlada o «controlled release». Esta tecnología puede definirse como la transferencia lenta, moderada o gradual, de un material activo desde un sustrato de reserva a otro medio, con el fin de conseguir sobre el mismo una acción determinada.

Con la aplicación de esta tecnología se busca aumentar la eficiencia de la sustancia aplicada alargando su acción en el tiempo, evitando pérdidas de todo tipo. (lixiviación, volatilización, etc.). (<http://www.agrodes.com>, 1999).

Por otra parte según la Asociación Americana del Control Oficial de Planta y Alimentos (AAPFCO, 1995), los fertilizantes de acción lenta o controlada, son aquellos fertilizantes que disponen de los nutrientes para las plantas de diferentes formas:

A- Retardando la disponibilidad de éstos, al ser captados por las plantas y así ser usados después de su aplicación.

B- Permitiendo que la disponibilidad de estos nutrientes en las plantas sea significativamente alta por un período largo, con respecto a los nutrientes del fertilizante tradicional,

los cuales se encuentran disponibles rápidamente por las plantas tales como: el nitrato de amonio, urea, fosfato de amonio y cloruro de potasio.

No hay una diferencia oficial entre el término liberación lenta y liberación controlada. La (AAPFCO, 1997), usa ambos términos y definiciones. Sin embargo, la descomposición microbiológica de productos nitrogenados como UFs (urea-formaldehídos), normalmente se comercializan como fertilizantes de liberación lenta y los productos recubiertos o encapsulados como fertilizantes de liberación controlada.

El Comité Europeo de Normalización ha establecido las siguientes definiciones: (Kloth, 1996).

**Liberación:** La transformación producida en la planta por la entrega de una sustancia química en forma de nutriente disponible para ésta (ejemplo. disolución, hidrólisis, y degradación).

**Liberación lenta:** Es una proporción definida liberada por una sustancia química que se encuentra en forma nutriente disponible para las plantas, en general es la proporción de los nutrientes disponibles liberados a la planta después de una aplicación. (la liberación lenta del nitrógeno responde a la relación por ciento/planta que se libera en una aplicación de urea, amonio o solución del nitrato).

Este retardo o prolongación del tiempo de disponibilidad de los nutrientes puede ocurrir por varios mecanismos: por recubrimiento semipermeable, oclusión, por polímeros insolubles en agua, organismos nitrógenos naturales, materiales proteicos u otras formas químicas así como, por la hidrólisis lenta de compuestos solubles o de poco peso molecular (100-200 unidades estructurales) que actúan por otros mecanismos no conocidos en los cuales influyen la solubilidad del material en agua. (AAPFCO, 1995).

Al realizar un estudio del comportamiento de un fertilizante convencional y otro de liberación lenta, el primero libera en muy poco tiempo los nutrientes facilitando así las pérdidas, dado que la planta carece de tiempo suficiente como para utilizar en gran medida el fertilizante; mientras que el otro pone a disposición de la planta el nutriente en un tiempo mucho más prolongado, lo que evita la posibilidad de pérdidas dándole a la planta mayor tiempo para absorber el nutriente aplicado.<sup>8</sup>

La liberación lenta de un fertilizante puede obtenerse por 3 caminos principales. (<http://www.agrodes.com>, 1999).

- 1) Productos recubiertos.
- 2) Productos de baja solubilidad.
- 3) Productos que controlan la actividad microbiana.

Los productos recubiertos son fertilizantes convencionales a cuyas partículas se les recubre con sustancias insolubles o poco solubles en agua. El objetivo es que mediante una barrera física se atenué el ingreso de agua al gránulo evitando así una rápida disolución del mismo. El agua penetra por grietas u orificios de la cubierta. Los productos utilizados para recubrir los gránulos deben ser inactivos.

Los productos de baja solubilidad consisten en sustancias orgánicas o inorgánicas de baja solubilidad, de forma que se necesiten mayores volúmenes de agua para conseguir igual cantidad de fertilizante disuelto.

Las sustancias orgánicas son las más difundidas y de ellas las más comunes son: urea con aldehídos, formaldehído, isobutil-aldehído, crotonaldehído, etc. que se descomponen lentamente en el suelo liberando de esta forma el nitrógeno en forma amoniacal.

Finalmente la última alternativa para obtener fertilizantes de liberación lenta es incorporar a fertilizantes convencionales sustancias que inhiben procesos microbianos como la nitrificación o desnitrificación.

Las sustancias más utilizadas son la nitraforina, el disulfuro de carbono, la urotropina, etc.

En el caso de la urea se trata de evitar la acción de la ureasa, enzima ésta que produce la hidrólisis de la urea, transformándola en carbonato de amonio.

La velocidad de aporte de nutrientes es la gran diferencia con los fertilizantes tradicionales, favoreciendo así a la planta en la competencia con el suelo por los nutrientes aportados.

Los factores que intervienen en este procesos son mostrados en la Tabla 1. (<http://www.agrodes.com>, 1999).

TABLA.1- FACTORES QUE INFLUYEN EN EL APOORTE DE NUTRIENTES POR

LOS FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN LENTA.	
	FACTORES
	Tipo de recubrimiento.
Actividad microbiana	Tipo de microorganismos
	Forma y tamaño del gránulo
Calidad del recubrimiento	% de recubrimiento
	Naturaleza del recubrimiento
	Presencia de grietas o agujeros
	Situación del fertilizante
Método de aplicación	Relación fertilizante/suelo
	Temperatura
	Humedad
Medio de incubación	Tiempo de incubación
	pH del medio
	Contenido de materia orgánica
	Capacidad de intercambio catiónico.

Calidad del recubrimiento: El recubrimiento es más eficaz cuanto más duro, homogéneo y resistente sea. Todos los métodos de fabricación apuntan a estas características, sin embargo, las tecnologías más modernas apuntan a recubrimientos más delgados y más eficaces, haciendo de esta manera, más eficiente la aplicación.

Dentro de los medios de incubación los más importantes son el pH y la temperatura.

Temperatura: Es bien conocida la acción de la temperatura sobre la disolución de sustancias. Resumidas estas acciones podemos indicar.

- a) El incremento de solubilidad de la sustancia fertilizante en agua.
- b) Aumento en la velocidad de difusión del fertilizante en la solución del suelo.
- c) Aumento en la velocidad de degradación del recubrimiento.

pH: Este factor ejerce su influencia sobre el recubrimiento o sobre el lavado y absorción de los iones.

Método de aplicación: Este aspecto es aún discutido, existen razones a favor y en contra respecto a la conveniencia de colocar el producto cerca de la superficie o más profundamente. Las pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco (NH<sub>3</sub>) son más importantes si la aplicación

es superficial, por otro lado la puesta a disposición del nitrógeno a la planta por degradación de la cubierta es más rápida cuando los gránulos están mezclados con el suelo. Estos fenómenos están influenciados además por el grado de humedad.

**Actividad microbiana:** El accionar de los microorganismos influye fundamentalmente en la disolución del fertilizante, por la acción que tienen éstos sobre la cubierta. Existen algunos recubrimientos, como los plásticos, que no sufren el ataque de los microorganismos, pero otros sí lo sufren y es el caso de los recubrimientos a base de azufre. En los casos donde la acción de los microorganismos es muy intensa se incorporan a los recubrimientos sustancias microbidas que atenúan este ataque retardando de esta manera la degradación de la cubierta.

## Ventajas y desventajas de los fertilizantes de liberación lenta y controlada

### Ventajas

Las más significativas de los fertilizantes de liberación lenta y controlada son:

- Reducción de la toxicidad (particularmente en los semilleros) que es causada por las altas concentraciones iónicas producidas por la disolución rápida de los fertilizantes convencionales solubles (en algunos casos también del amoníaco, por ejemplo, después de la aplicación de urea) por lo que de esta forma se contribuye a una mejor seguridad agronómica. (Aglukon, 1993, Grace, 1994)

Debido a la reducción de la toxicidad y al volumen de sal de los sustratos se puede realizar una mayor aplicación del fertilizante (reduciéndose la frecuencia de aplicación) en comparación como los fertilizantes convencionales solubles.

- Una significación económica elevada, pues disminuyen las labores en el campo y permite la utilización de fertilizantes más conveniente. Representando esto la mayor ventaja para el consumo de los fertilizantes de liberación lenta y controlada, contribuyendo a un avanzado programa de sistema de cultivo con una sola aplicación del fertilizante. Permite además ser utilizado en cultivos protegidos al suministrar la cantidad de nutrientes ne-

cesarios con una sola aplicación del fertilizante.

- Reducción de las posibles pérdidas de nutrientes, particularmente las pérdidas de nitrógeno que se producen entre aplicaciones y permite captar los nutrientes por la planta de manera gradual.
- La disminución substancial del riesgo a la contaminación medioambiental, permite reducir las pérdidas por evaporación del amonio (Wang, 1996), contribuyendo así a reducir las emisiones de gases ( $N_2O$ ) a la atmósfera. (Shoji, 1994)

### Desventajas

- La falta de disponibilidad de métodos estabilizados que permitan disponer de un modelo confiable de liberación de nutrientes. (Hall, 1996).
- La aplicación de fertilizantes de liberación lenta y controlada puede aumentar la acidez de la tierra. Ejemplo, al cubrir la urea con grandes cantidades de azufre contribuye al aumento de la acidez.
- La posibilidad de que los fertilizantes encapsulados o recubiertos puedan dejar residuos de material sintético en los campos, los cuales se descomponen muy lentamente o no llegan a descomponerse en la tierra produciendo esto una acumulación indeseable de residuos de plástico (50 kg por ha en un año). (Kluge, 1996)
- No permite realizar correcciones cuando es aplicado ya que los mismo generalmente se aplican una sola vez.
- El costo de fabricación de los fertilizantes encapsulados de liberación controlada todavía son considerablemente altos al ser comparados con la producción de los fertilizantes minerales convencionales. (Goertz, 1993). El costo de producción más alto se debe a:
  - El proceso de producción es más complicado al intentar obtener una capa perfecta para su encapsulado o recubrimiento.
    - Se requiere de un mercado especializado en los servicios con gastos de ventas superior en comparación con los fertilizantes convencionales.

## Principales líneas de investigación de los fertilizantes de liberación lenta y controlada. (Martín, 1997).

En Australia, Canadá, PR China, Alemania, Francia, India, Israel, Italia, Japón, los Países Bajos de Rusia, el Reino Unido y los Estados Unidos se dedican numerosas instituciones, universidades y compañías industriales a investigar sobre

los fertilizantes de liberación lenta y controlada. Algunas investigaciones también se han llevado en la República Checa, Dinamarca, Egipto, Ghana, la República de Corea, Filipina, Polonia, Malasia, África del Sur, España y Tailandia.

Las principales líneas de investigación están encaminadas a:

- La valoración de los beneficios medioambientales que reportan el uso de los FLC y FLL, incluyendo los aportes económicos que éstos producen tales como la reducción de las pérdidas de los nutrientes y la toxicidad, así como la productividad sostenida de los mismos.
- El estudio de los modelos de mecanismos de liberación.
- La descomposición y la degradación (biológico, físico, químico) de los materiales poliméricos que se usan como recubrimiento, bajo ciertas condiciones específicas y climatológicas.
- El efecto de la liberación controlada del nitrógeno, la lixiviación del mismo y las emisiones del  $N_2O$  y  $NO_x$  a la atmósfera.
- Se trabaja intensivamente en el desarrollo de los nuevos fertilizantes de liberación controlada de bajo-coste.

En los Estados Unidos, además de trabajar en las principales líneas de investigaciones anteriormente expuestas, muchas instituciones y universidades trabajan en el estudio de las aplicaciones ecológicas de estos fertilizantes. A continuación se muestran ejemplos de universidades que se destacan en estos estudios. (Fujita, 1992)

- Universidad de California.
- Universidad de la Florida.
- Universidad de Illinois
- Universidad de Georgia.
- Universidad del Estado de Mississippi.

En Europa Occidental se trabaja en investigación práctica en horticultura, en los modelos de degradación de los polímeros usados como material recubridor. (Hahndel, 1997).

En Japón, se está trabajando en el recubrimiento de fertilizantes con poliolefinas. (Fujita, 1996).

Algunas de las instituciones y universidades más importante que se destacan en estos trabajos:

- Sta. Agr. Exp. Ohgata Branch, Akita Prefectural.
- Sta. Agr. Exp. Okayama Agr.
- Universidad de Yamagata. Facultad de Agr.
- Universidad de Tohoku. Facultad de Agr. Kawatabi Farm.
- Facultad de Agr. Universidad de Tohoku.

Instituciones que trabajan estos temas relacionados con

los vegetales:

Instituto de Fertilizantes. Chisso S.A.

- Sta. Agr. Exp. Kumamoto.
- Sta. Agr. Exp. Aichi Sogo.

Los problemas medioambientales son trabajados por:

- Instituto Nacional de Ciencias Agronómicas Medioambientales.
- Sta. Agr. Exp. Fukushima
- Sta. Agr. Exp. Gifu Agr.
- Universidad Agr. Akita Prefectural.

En Israel, se llevan a cabo programas intensivos de investigación en la Facultad de Química Agrícola de Haifa S.A, así como por su Instituto Tecnológico. (Gordonov, 1995).

## Principales compañías que comercializan los fertilizantes de liberación lenta y controlada.

En los Estados Unidos y Canadá los principales productores y proveedores de fertilizantes de liberación lenta y controlada entre otros son:

- Pursell Tecnologías Inc (POLYON, y TriKOTE).
- Compañía de Scotts (Osmocote, Pro Turf).
- Vigoro Industries/IMC Global.
- LESCO, Corporation.

Según el Sistema de Registro Internacional (SRI) (Landels, 1994), estas compañías proporcionaron 92 % de los productos consumidos en el mercado de los EE.UU, el otro 8% son importaciones de urea y azufre recubierta de Canadá (Terra International), y fertilizantes recubiertos con materiales poliméricos de Japón y Israel.

Los principales productores y proveedores en Europa Occidental y Israel así como sus productos líderes son:

- AGLUKON Spezialdunger GmbH, Germany. PLANTACOTE.
- BASF Aktiengesellschaft, Germany . ISODUR, NITROPHOS.
- Scotts Europe B.V, The Netherlands . PROTURF.
- EniChem SpA, Agricultural Div. Italy.

En Israel el líder en esta producción es:

- Haifa Chemical Ltd. MULTICOTE

Según el boletín Report Controlled Release Fertilizers (<http://www.abstractofceh.com>, 2003), del 2003 plantea que: El consumo de fertilizante de liberación lenta y controlada en el año 2000 en los E.U.A , Europa Occidental y Japón fue

mayor de 615 mil toneladas métricas. El mayor consumo en los E.U.A y Europa Occidental está en el sector no agrícola, mientras que en Japón su mayor consumo está en horticultura ornamental considerando éste un mercado agrícola. Se espera que durante los años 2000-2005 se crezca en 3.6% en los EUA, el Europa Occidental en 5.4 % mientras que en Japón no se mostrará un aumento significativo.

El aumento del consumo de estos fertilizantes desde 1989 en los EUA fue de 4 % anual, lo que está dado por la preocupación del medio ambiente, y la prevención de la contaminación de los nitratos a la tierra y al agua, siendo éste el motivo principal de muchas compañías en desarrollar nuevos productos a pesar de sus altos costos de producción en comparación con los fertilizantes tradicionales.

### Principal campo de aplicación de los fertilizantes de liberación lenta y controlada.

Al comparar los índices de los precios de los fertilizantes de liberación lenta y controlada con los fertilizantes minerales convencionales se explican claramente el porqué del uso muy limitado de estos fertilizantes específicos, sobre todo en cosechas agrícolas de poco valor. Sin embargo los precios de estos productos se han establecido favorablemente con la alta especialización de los mercados. (Kafkafi, 1928)

En los Estados Unidos estos fertilizantes son usados fundamentalmente en las cosechas agrícolas tales como:

Fresas.

El cítrico y otras frutas.

Vegetales.

No hay ninguna duda que es rentable aplicar un fertilizante encapsulado de liberación lenta en las cosechas de alto valor. En relación con una alta inversión anual en la que se dispone de 30000 a 60000 plantas de fresa donde el gasto de fertilizante por metros cuadrados es bajo. Esta aplicación es extremadamente cara (al compararla con un fertilizante convencional) ya que los productos usados son de liberación controlada recubierto con polímeros.

Además esta es la vía más práctica y responsable para el uso de estos fertilizantes, estos se aplican entonces en un periodo de 8 a 9 meses antes de sembrar la planta.

En California los cultivadores de lechuga, pueden hacer una inversión anual en esta cosecha de 500.00 a 8500.00 US por hectárea y para minimizar los riesgos de la pérdida del rendimiento, puede escogerse la fertilización por goteo

sobre el fertilizante de liberación controlada disponible. (Hauck, 1996)

Aproximadamente el 70 % en California usan el método del fertilizante de liberación controlada, en el crecimiento de las fresas.

El objetivo es disminuir la cantidad de fertilizante a utilizar y en especial el nitrógeno utilizado con un aumento de la productividad.

Se conoce que las fresas se siembran en agosto y que el por ciento de nitrógeno consumido es de 80-90 kg por hectárea.

Se comprobó que con un fertilizante convencional se necesita 1200 kg/ha por cosecha con 200 kg de nitrógeno. La eficiencia del nitrógeno es de 25 %. Con un fertilizante de liberación controlada (AGROBLEN 17-9-8-3 MgO) se necesita 450 kg/ha de fertilizante con 76 kg de nitrógeno y una eficiencia de nitrógeno de 66%.

Otro ejemplo fue demostrado por (SALMAN y col, en 1990), en cultivo de tomates con los cuales se obtuvieron altos rendimientos, utilizándose un fertilizante de urea recubierto con polímero (6 % de recubrimiento). La productividad fue de 67 % y 45 % mayor que con un fertilizante de urea sin recubrir y uno de urea recubierto con azufre.

En cosechas permanentes, particularmente cuando crecen en suelos lixiviables, la aplicación de fertilizante nitrogenado por estación y el uso de fertilizantes de liberación lenta reduce significativamente el costo de las labores, disminuyendo el número de aplicaciones, así como también la cantidad de nutrientes aplicados que pueden compensar el costo tan alto de fertilizante recubierto con polímero.

Estos experimentos muestran que el uso de fertilizantes de liberación controlada, y la cantidad de nutrientes aplicados puede ser significativamente reducida al compararla con la práctica común. El ahorro de trabajo, así como el costo de la energía empleada y la mayor eficiencia del nitrógeno usado a partir del fertilizante de liberación lenta podrá minimizar las posibles pérdidas por lixiviación del nitrato. (Shojita, 1994).

Existen algunos casos donde se puede aplicar una alta cantidad de nutrientes en los fertilizantes de liberación controlada, los cuales son entregados por estos fertilizantes a la planta por un periodo de tiempo prolongado reforzando el crecimiento y por consiguiente una alta demanda de nutrientes a la misma.

El aspecto medioambiental ha sido bien estudiado por (SHAVIV y MIKKELSEN, 1993) al realizar una comparación entre una serie de polímeros que recubren a la urea, (SHA-

VIV, 1995) encontró el incremento eficiente del nitrógeno y por tanto la disminución de daños al medioambiente por el uso de estos fertilizantes de liberación controlada de nitrógeno.

En los Estados Unidos de un total de 356,000 toneladas de fertilizantes de liberación lenta y controlada se consume solamente alrededor de 25,000 toneladas fundamentalmente como urea recubierta con azufre (SCU) y fertilizantes recubiertos con polímeros los que se usan en la agricultura, sin embargo la inmensa mayoría (92 %) son aplicados en el sector no agrícola así como:

- Viveros e invernáculos.
- Campos de golf.
- Casas y jardines.
- Jardines de recreación y en otro cuidado de césped profesional, etc.

En Europa Occidental con excepción de algunos vegetales protegidos se estima que 87,000 toneladas de fertilizantes de liberación controlada fueron consumidas en el período de 1995-96, fundamentalmente en viveros y en invernáculos (horticultura profesional), plantas puestas en contenedores, en césped, en parque públicos, en casa y jardines y en sectores donde se permiten el lujo de tales especialidades favorablementepreciadas.

Sólo en Japón con una única estructura agrícola y política de protección, utiliza una gran cantidad de los fertilizantes de liberación lenta y controlada (urea-formaldehído, crotoniliden diurea utilizando como base cualquier recubrimiento polimérico) los cuales son aplicados en el arroz, en los vegetales y en la horticultura profesional la cual en este país se incluyen en la agricultura.

Fertilizantes de liberación lenta y controlada en cosechas tropicales (Arroz).

La posibilidad de usar fertilizantes de liberación controlada en la agricultura de los países tropicales es mucho mayor que en la agricultura de los países de las regiones templadas. Estas aplicaciones son especialmente para las regiones con suelos calientes y de lluvias fuertes e irrigaciones. Bajo estas condiciones la pérdida de nitrógeno procedente de los fertilizantes convencionales es alta.

Los fertilizantes de liberación lenta y controlada son significativamente menos sensibles a las influencias del aire y fluctuaciones en la temperatura, además de que su almacenaje es mejor, y menos susceptible a la lixiviación y la desnitrificación. Es por estas razones que los fertilizantes de liberación controlada y lenta recubiertos o encapsulados han sido probados en arroz, viveros de arroz, soyas, caña de

azúcar, pastos y así como también en cosechas de árboles de caucho y aceite de Senegal.

En el arroz el régimen de fertilizar el suelo es completamente diferente que en otras cosechas, particularmente a lo concerniente a la aplicación de un fertilizante nitrogenado. (Allen, 1984; Boudin, 1986; García, 1982). Cuando los fertilizantes que contienen el nitrógeno en forma de nitrato son aplicados y si el nitrógeno amoniacal nitrifica antes de la inundación del suelo las pérdidas por la desnitrificación pueden ser muy grandes.

Por esta razón el nitrógeno amoniacal o amídico utilizado en los fertilizantes de los arrozales son los preferidos, ya que este tipo de fertilizante disminuye las pérdidas, siendo éstas significativamente mayores cuando se alternan la falta de agua de irrigación y se cultiva en condiciones de lluvia.

Japón es el único país en el que las cantidades sustanciales de urea recubierta con polímero así como fertilizantes de NPK recubierto, se aplican en gran escala en el cultivo del arroz.

KANETA y Col, 1995a, 1995b) compararon urea recubierta con un fertilizante compuesto convencional en una sola aplicación en el arroz. En este experimento la absorción de N de urea cubierta era mayor que el del fertilizante convencional (se recupera un 79 % de N de la urea cubierta en la maduración).

Sin embargo, más allá de una comprobación extensa en el campo de la práctica, la relación valor-costo es necesario que se tenga en cuenta seguida de los beneficios calculados.

## Conclusiones

Las conclusiones de este trabajo se pueden dividir en dos aspectos fundamentales:

- 1- Teniendo en cuenta el costo de estos productos.  
La diferencia en costo se identifica como la razón principal que restringe su uso a las cosechas de altos valores, sistemas del cultivo específicos y sectores no-agrícolas (horticultura profesional, las guarderías, invernáculo, campos de golf, consumidores de la casa, céspedes, jardines recreativos y parques del público).
- 2- Teniendo en cuenta su impacto medioambiental  
Además de los aspectos agronómicos de los mismo, los aspectos medioambientales de su uso merecen atención especial ya que éstos pueden contribuir significativamente a la protección del ambiente al reducir la lixiviación del nitrato, volatilización de amoníaco y las emisiones de óxido nitroso

a la atmósfera.

La legislación medioambiental debe poner restricciones en las aplicaciones del nitrógeno en el campo, que puedan contaminar, arroyos, lagos, y ríos obligando a los agricultores al uso de estos fertilizantes, pues reducen las emisiones de gases de  $N_2O$  y  $N_xO$  a la atmósfera, ya que como es conocido el nitrógeno fijado en forma de amoníaco y nitratos es absorbido directamente por las plantas e incorporado a sus tejidos en forma de proteínas vegetales. Después, el nitrógeno recorre la cadena alimentaria desde las plantas a los herbívoros, y de éstos a los carnívoros. Cuando las plantas y los animales mueren, los compuestos nitrogenados se descomponen produciendo amoníaco, un proceso llamado amonificación. Parte de este amoníaco es recuperado por las plantas; el resto se disuelve en el agua o permanece en el suelo, donde los microorganismos lo convierten en nitratos o nitritos en un proceso llamado nitrificación. Los nitratos pueden almacenarse en el humus en descomposición o desaparecer del suelo por lixiviación, siendo arrastrado a los arroyos y los lagos.

La lixiviación del nitrógeno de las tierras de cultivo demasiado fertilizadas, la tala indiscriminada de bosques, los residuos animales y las aguas residuales han añadido demasiado nitrógeno a los ecosistemas acuáticos, produciendo un descenso en la calidad del agua y estimulando un crecimiento excesivo de las algas.

La lixiviación es responsable de un problema medioambiental muy grave, ya que produce la contaminación de los suelos y de las aguas subterráneas o superficiales cuando el agua de lluvia arrastra sustancias contaminantes presentes. Se suelen acumular carbonatos, nitratos y sulfatos de hierro, calcio o aluminio.

Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo pueden ser los responsables de estos graves problemas. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor, y un cúmulo de algas o verdín desagradable a la vista, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras.

La agricultura, la ganadería comercial y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo

y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado se puede plantear que hoy en día el mundo experimenta un progresivo descenso en la calidad y disponibilidad del agua. Casi el 75% de la población rural del mundo y el 20% de su población urbana carece de acceso directo a agua no contaminada, ya que en muchas regiones, las reservas de agua están contaminadas con productos químicos tóxicos y nitratos. Por tanto las enfermedades transmitidas por el agua afectan a un tercio de la humanidad y matan a 10 millones de personas al año, por lo que este aspecto se considera de suma importancia para la salud mundial.

## Bibliografía

AGLUKON NUTRALENE.

1993 Nitroform, AZOLON-Biologically. Controlled Nitrogen Release. Auglokon Spezialdünger GmbH, Düsseldorf, Germany.

ALLEN, S. E.

1984 Slow-Release Nitrogen Fertilizers. Nitrogen in Crop Production. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI 53711, USA.

AMBERGER, A.

1996 Pflanzenernährung (Plant Nutrition). 4<sup>th</sup> Edition. German. Uni-Taschenbücher 846, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany.

1995 Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO), No. 48., Inc; West Lafayette, Indiana, USA.

1997 Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO), No 50 Inc; West Lafayette, Indiana, USA.

BOULDIN, D. R.

1986 The Chemistry and Biology of flooded soils in relation to the nitrogen economy in rice fields. Fertilizer Research 9.

FINCK, A.

1992 Fertilizers and their efficient use. IFA World Fertilizers Use Manual. International Industry Association, Paris France.

FUJITA, T; YAMASHITA, Y; YOSHIDA, S; YAMAHIRA, K.

1992 Granular fertilizer with a decomposable coating and process for producing the same. Canadian Patent, No. CA 1,295,849, pp.57. Feb. 18, Japan.

- FUJITA, T.  
1996 Reply to the request on controlled-release fertilizers. Personal communication.
- GARCIA, J. L.; DOMMERGUES, Y. R.  
1982 Denitrification in rice soils. Review. Microbiology of tropical soils and plant productivity, pp. 187-208.
- GOERTZ, H. M.  
1993 Technology Developments in Coated Fertilizers Proceedings: Dahlia Greidinger Memorial International Workshop on Controlled/Slow Release Fertilizer, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, 7-12 March.
- Gordonov, B. Haifa  
1995 Chemicals Ltd. Reply to the request on controlled-release fertilizers. Personal communication.
- GRACE SIERRA.  
1994 Less nutrients and more growing power with Osmocote Plus. Grace Sierra. International BV, De Meern, The Netherlands.
- Hähndel, R. BASF.  
1997 Reply to the request on controlled-release fertilizers. Personal communication.
- Hall, W. L. Vigoro Industries: Reply to the request on controlled-release fertilizers. 1996.
- Hauck, R. D. Controlled Availability Fertilizers: Technical and Public Perspective. Proceedings: Dahlia Greidinger Memorial International Workshop on Controlled/Slow Release Fertilizer, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, 7-12 March 1993.
- INTERNET.http.www.abstract of CEH.2003.  
INTERNET.http.www.agrodes.1999.
- JOLY, C.  
1993 Mineral Fertilizer: plant nutrient content, formulation and efficiency. In FAO Fertilizer and Plant Nutrition bulletin 12, Integrated plant nutrition systems. Edited by Dudal, R. and Roy, R. N. FAO Land and Water Development Division, Rome.
- KAFKAFI, U.  
1996 A Worthwhile Premiun. ASIAFAB Summer.
- KANETA, Y.  
1995 Single application of controlled availability fertilizer to nursery boxes in non-tillage rice culture. JARQ 29, pp 111-116.
- KANETA, Y; AWASAKI, H.  
1995 The non-tillage rice culture by single application of fertilizer in a nursery boxes with controlled release fertilizer. Japanese. Nippon Dojo Hiriyogaku Zsshi , 65,4, pp 385-91.
- KLOTH, B.  
1996 Aglukon Spezialdünger GmbH: Reply to the request on controlled-release fertilizer.
- KLUGE, G; EMBERT, G.  
1996 The Fertilizer Law with Technical Explanations 1996. Bonn, Germany.
- LANDELS, S. P.  
1994 Controlled Release Fertilizer, Supply and Demand Trends in U.S. Nonfarm Markets. SRI International. Menlo Park, CA, USA.
- MAENE, L. M.  
1995 Changing Perception of Fertilizer Worldwide. Fertilizer Industry Round Table.
- MARTÍN E.  
1997 Trenkel. Controlled Release and stabilized Fertilizers in agriculture. IFA.
- SALMAN, O. A.  
1990 Polymer Coated Urea: physical and field test. Proceedings of the XI International Congress on the Use of Plastic in Agriculture.
- SHAVIV, A.  
1995 Plant response and environmental aspects as affected by rate and pattern of nitrogen release from controlled release N fertilizers. Plant and Soil, 1-7.
- SHOJI, S; GANDEZA, A. T.  
1992 Controlled Release Fertilizer with Polyolefin Resin Coating. Kanno Printing Co. Ltd. Sendai, Japan.
- SHOJI, S; KANNO, H.  
1994 Use of polyolefin-coated fertilizer for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emissions. Review. Fertilizer Research 39,147-152, The Netherlands.
- SHOJI, S; KANNO, H.  
1994 Use of polyolefin-coated fertilizer for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emissions. Review. Fertilizer Research 39,147-152, The Netherlands.
- SHOJI, S; KANNO, H.  
1993 Innovation of New Agrothechnical Using Controlled Release Fertilizers for Minimizing the Environmental Deterioration. Proceedings, Dahlia Greidinger Memorial International Workshop on Controlled/Slow Release Fertilizer, Technion-larael Institute of Technology, Haifa, 7-12 March.
- TRENKEL, M. E.

New Challenges for the World Fertilizers Industry with Regard to Agriculture. IFA Agro-Economic committee, Monte Carlo. 1993.

WANG, F.

1996 Modelling Nitrogen Transport and Transformations in Soil Subject to Environmentally Friendly Fertilization Practices. Research thesis. Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.

Dr. J. Rieumont\*\* ,  
M. Gonzalez Hurtado\*,  
C. Rodríguez Acosta\*.

\* Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas. La Habana, Cuba.

\*\* Fac. Química, Dpto. Química-Física, Univ. de La Habana, Cuba.