

LOS FERTILIZANTES BIOLÓGICOS ¿PALIATIVOS DE LA CRISIS ENERGÉTICA?

RICARDO DUCATENZEILER¹

La creciente población mundial, sumada al aumento del consumo por una parte importante de esta población, ha llevado a la humanidad al serio planteo de si es factible una disponibilidad adecuada de recursos naturales para un futuro próximo.

La consideración de este problema requiere a su vez, una diferenciación entre los recursos naturales *no renovables* y los recursos naturales *renovables*. Los primeros (no renovables), que comprenden las reservas minerales y combustibles fósiles, se van agotando a medida que son utilizados, y el problema derivado de su escasez sólo puede ser encarado a través de la búsqueda de nuevos yacimientos, una explotación y uso más racionales y su reemplazo por otros recursos más fácilmente disponibles. La falta de recursos naturales renovables exige, a la vez que un uso más racional de los mismos, el desarrollo de una tecnología que permita el aumento de su producción.

El problema de los recursos naturales no renovables, ha alcanzado ya situaciones críticas, de las cuales la más visible es la crisis mundial derivada de las necesidades crecientes de petróleo y el constante aumento del precio del mismo.

Asimismo, a medida que crece la población mundial, las necesidades de alimentos aumentan, así como los problemas de ellas derivados.

Los alimentos suministran energía y materia prima para la elaboración de los constituyentes del organismo. Los *hidratos de carbono* (azúcares, almidones) son ejemplo de alimentos energéticos, mientras que las *proteínas*, son ejemplo de alimentos que aportan compuestos esen-

ciales al organismo. Si bien el mundo tiene un déficit de toda clase de alimentos, el problema es más grave en el caso de las proteínas.

El *nitrógeno* es un componente esencial de las muchas proteínas que dirigen e implementan los procesos biológicos que, en su conjunto, constituyen la vida. Recién en las últimas tres décadas, el hombre ha incorporado nitrógeno a las tierras de cultivo artificialmente, en forma de fertilizantes nitrogenados. Los consecuentes aumentos en los rendimientos de los cultivos se deben, al menos en parte, a la aplicación de estos fertilizantes. El fertilizante nitrogenado, sin embargo, es normalmente demasiado costoso para muchos de los agricultores del mundo y, seguramente, lo será cada día más, ya que se fabrica utilizando gas natural, un recurso natural no renovable.

Cada día que pasa hay en el mundo 200.000 personas más que deben ser alimentadas. Es esencial entonces, un aumento en la producción de proteínas; es esencial, en consecuencia, un aumento de la fuente de *nitrógeno renovable* y a bajo costo, para poder alimentar a esta población mundial creciente.

Para encarar este problema se debe prestar especial consideración al uso, proliferación y desarrollo de los *fertilizantes biológicos*, entre los cuales, los microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico ocupan un papel preponderante. (1).

Algunas leguminosas, como las judías por ejemplo (*Phaseolus vulgaris*)

(¹) El Sr. Don Ricardo Ducatzenzeiler realiza su Tesis Doctoral en el Dpto. de Fitopatología

son sumamente importantes en la nutrición del hombre, especialmente en aquellas zonas del mundo en donde las familias de medianos y bajos ingresos no pueden producir o adquirir proteína de origen animal. Las leguminosas son, hoy día, los organismos fijadores de nitrógeno económicamente más importantes a nivel mundial, tanto en regiones templadas, como tropicales, incorporando aproximadamente *100 millones de toneladas de nitrógeno anuales* a la superficie de nuestro planeta. Sin embargo, las leguminosas no fijan el nitrógeno atmosférico por sí mismas, sino que ellas son portadoras, en los nódulos de sus raíces, de microorganismos del género *Rhizobium*, quienes se encargan de esta "tarea": la de transformar el nitrógeno atmosférico en sustancias que sean fácilmente asimilables por las plantas. (2).

La mayoría de los agricultores saben, por su propia experiencia, que el agregado de "tierra de alfalfa" a los suelos de cultivo, o la rotación de cultivos de alfalfa con cereales u otros, mejora la calidad de la tierra y la posterior productividad de la cosecha. La llamada "tierra de alfalfa" tiene este efecto positivo, sirviendo de "abono", porque es portadora de los microorganismos citados, los fijadores de nitrógeno. Estas bacterias pueden estar naturalmente en los suelos, pero existe la práctica, muy difundida en muchos países, de la *inoculación* de la semilla. Esta inoculación, consiste en simplemente "forrar" o "tapizar" la semilla con estos microorganismos que forman el "inóculo" que puede ser adquirido (en los países donde esta práctica agrícola es habitual) en los comercios especializados.

Pero no sólo las leguminosas ni sólo las bacterias del género *Rhizobium* son capaces de este gran recurso que la naturaleza nos ofrece para "salvarnos" de la crisis. Otros microorganismos, tanto de vida libre como simbiótica, como algunas algas, hongos y otros géneros bacterianos, también tienen esa propiedad. Las funciones del científico en este problema son, entre otras:

—Mejorar la eficiencia de las cepas fijadoras (hacer que éstas fijen mayores cantidades de nitrógeno en función del tiempo)

- Mejorar las condiciones de la rizosfera de modo de facilitar el desarrollo y la implantación de los microorganismos útiles.
- Utilizar *adecuadamente* una de las armas más poderosas actualmente en sus manos: *la ingeniería genética*, a la cual nos referimos más adelante.

DOS EJEMPLOS ACLARATORIOS

Relataremos dos experiencias, simplemente a modo de ejemplo, en las que se revelan la importancia del uso de fertilizantes biológicos a nivel mundial.

1) En la India, se han llevado a cabo experimentos que muestran la importancia de las algas azul-verdosas (3) como buenas fijadoras de nitrógeno en campos sembrados de arroz. Los experimentos revelaron que - en ausencia total de fertilizantes químicos, la aplicación de algas azul-verdosas producían una fijación de 25 a 35 Kg. de nitrógeno por hectárea y por cosecha, resultando en un aumento de la productividad del grano de un 10 a un 15%.

—Cuando se utilizan fertilizantes nitrogenados, su dosis puede ser reducida aproximadamente a la tercera parte y completada con algas azul-verdosas obteniéndose la misma productividad de grano.

—Aun cuando se aplican los fertilizantes químicos a los niveles máximos recomendados, la complementación con algas azul-verdosas es beneficiosa pues resulta en cosechas más productivas.

El aumento de la productividad que se alcanzó en estos experimentos fue del 2 al 29%, con un promedio del 7,2%. Aparte del nitrógeno es probable que las algas azul-verdosas puedan proveer a las plantas de otras sustancias orgánicas y vitaminas.

En cuanto al costo de esta "fertilización biológica" se estimó que, mientras 25 Kg. de nitrógeno costaban aproximadamente 1.000 pesetas, el material biológico (algas) necesario para producir la misma cantidad de nitrógeno costará 300 pesetas si es adquirido comercialmente. Pero como el agricultor puede llegar de

un modo muy sencillo, a producir su propio "stock" de algas, el costo se puede reducir a 70 pesetas o a menos aun.

2) En nuestro país, más precisamente en Granada, se han llevado a cabo estudios de fertilización biológica, utilizando una doble simbiosis con leguminosas: la ya mencionada de *Rhizobium sp.* y la de un hongo de la rizosfera (endomycorhiza), cuya función es ayudar a la planta a incorporar fósforo, otro elemento esencial (4) (Género *Glomus*).

La inoculación simultánea con *Rhizobium* y *Glomus*, mejoró el cultivo y nutrición de *Medicago sativa* (alfalfa) en los cultivos normales.

El experimento se llevó a cabo de la siguiente forma: Se dividió la zona sembrada en cuatro parcelas, a saber:

- 1—Control no inoculado
- 2—Inoculado con *Rhizobium*
- 3—Inoculado con *Glomus*
- 4—Inoculado con *Glomus* + *Rhizobium*

Hacia el final del experimento, se hizo la cosecha y se tomó como medida de la calidad del producto obtenido, el peso seco de las plantas. Los resultados fueron los siguientes:

Tratamiento	Peso seco (en gramos)
No inoculado	15,18
Inoc. con <i>Rhizobium</i>	15,94
Inoc. con <i>Glomus</i>	22,56
Inoc. con <i>Glomus</i> + <i>Rhizobium</i>	32,09

Por estos resultados se ve que, con respecto al control, no hubo mejoramiento en la inoculación con *Rhizobium* solo, hubo una mejora pequeña en la inoculación con *Glomus* y la mejora fue mayúscula en la doble inoculación.

El fósforo, en forma de ATP, (5) es un elemento fundamental para la fijación de nitrógeno. Es por ello que, al ser realizado el experimento en un suelo pobre en fósforo disponible, la inoculación sólo con *Rhizobium* no diera los resultados de mejoramiento. Sin embargo, en el tratamiento conjunto del hongo y la bacteria, se observó más de un 100% de mejora respecto al control no inoculado.

La conclusión más importante es

que el hongo *Glomus* es un fertilizante biológico eficiente para *Medicago sativa*, ya que no sólo afecta positivamente al crecimiento de la planta sino que también aumenta la actividad fijadora de nitrógeno por *Rhizobium*.

LA INGENIERIA GENETICA: ¿BUENA O MALA?

Tema de moda, la ingeniería genética es una rama joven de la ciencia que consiste básicamente en la transferencia de genes de un organismo a otro, receptor, con el objeto de que éste adquiera una nueva propiedad que no poseía. Por ejemplo: El costo y la dificultad en la producción de insulina pueden ser reducidos notablemente transfiriendo el gen que la "produce" de una célula animal a una bacteria adecuada. Esta lo incorpora en su cromosoma y así adquiere la propiedad de transformarse en una pequeña "fábrica" de insulina que heredan sus posteriores generaciones (una generación de una bacteria puede durar tan poco como 20 minutos, con lo cual nuestra "fábrica" puede tener en "producción" a millones de millones de "operarios"). Las células bacterianas son muy fáciles de manipular, mucho más que las células de los organismos superiores (vegetales y animales). Pero también hoy se habla de "Ingeniería genética" en términos de instalar fábricas de "superhombres" o "supermonstruos". Esto plantea el dilema de si la ingeniería genética es "buena" o "mala" y despierta las más agrias polémicas a nivel social, político y religioso.

Sin embargo, la ingeniería genética, así como en el caso de la insulina antes mencionado, puede contribuir con su parte "buena" al mejoramiento de los cultivos y por ende a la producción de proteínas en mayor cantidad y a bajo costo. Se han llevado a cabo engorrosos e intensos estudios que intentan lograr la transferencia de los genes bacterianos fijadores de nitrógeno a la propia planta, con lo cual, cada vegetal en el que esto se consiga, no sólo sería independiente desde el punto de vista de su necesidad de materia orgánica, sino también desde su necesidad de nitrógeno para la síntesis de sus proteínas.

CONCLUSIONES FINALES

La investigación y el uso de fertilizantes biológicos deben ser incentivadas y apoyadas. Todo el esfuerzo que se haga hoy en este sentido redituará mañana en un beneficioso ahorro de fuentes de energía cada vez más costosas y percederas.

A medida que se obtengan resultados satisfactorios en las pruebas de laboratorio, éstas deben ser trasladadas al campo donde juegan todas las variables con las que el agricultor se enfrenta a diario. Una vez que los ensayos de campo estén probados y comprobada su eficiencia inequívocamente, comienza una tarea esencial. La de transmitir la experiencia al agricultor, acostumbrándolo al uso del fertilizante biológico y mentalizarlo "in situ" de sus ventajas.

Un horizonte nuevo se abre, con lo que la amenaza del fin de la "era del petróleo" se atenúa y alienta a buscar otras nuevas fuentes de energía.

NOTAS

- (1) El nitrógeno es un gas componente del aire, pero las plantas no pueden asimilarlo como tal; necesitan que se transforme en sales nitrogenadas (sales de amonio, nitratos, nitritos) para poder incorporarlo y utilizarlo en la síntesis de proteínas.
- (2) Entre los microorganismos del género *Rhizobium* y las leguminosas se establecen una relación denominada *asociación simbiótica*, de la cual ambos salen "beneficiados": la planta provee a la bacteria de sustancias orgánicas necesarias para

llevar a cabo sus procesos vitales y la bacteria provee a la planta de nitrógeno asimilable para la biosíntesis de proteína.

- (3) Las algas azul-verdosas (científicamente *Cyanobacteria*) son microorganismos de mucho interés ya que además de fijar nitrógeno atmosférico, también generan su propia sustancia orgánica por el proceso de la fotosíntesis, con lo cual no necesitan depender de la planta para ello.
- (4) Se sabe que el fósforo es un elemento esencialmente necesario para la fijación de nitrógeno.
- (5) El ATP, adenosina trifosfato, es una sustancia química de alto contenido energético. Su función es la de proveer esta energía para que se pueda llevar a cabo ciertas reacciones bioquímicas.

BIBLIOGRAFIA

"Blue green algae to fertilise Indian rice paddies", *Nature* Vol. 279 (1979).

Azcon C. et al. (1979).— "Endomycorrhizal fungi and *Rhizobium* as biological fertilisers for *Medicago sativa* in normal cultivation" *Nature* Vol. 279 pp. 325-327 (MacMillan Journals Ltd.).

Stewart W.D.P. (1978).— "Nitrogen Fixing Cyanobacteria and their associations with Eukaryotic plants" *Endeavour* Vol. 2 N.º 4 pp. 170-179 (Pergamon Press Ltd.).

Zobel R.W. et al (1978) "Potential for Nitrogen Fixation in Vegetables" *HortScience*, Vol. 13 (6).

