

Crisis agrícola en Colombia: una visión ingenieril sobre el problema de los fertilizantes

Juan Valderrama, PhD
 Docente Investigador Facultad Ingeniería Ambiental
 juanvalderramar@uan.edu.co

Recientemente los medios de comunicación han hecho un cubrimiento muy amplio sobre el paro campesino y la crisis que enfrentan los agricultores en nuestro país. Sin embargo, aparte de los problemas evidentes de orden público y los numerosos enfrentamientos entre la fuerza pública y los manifestantes, ¿qué sabemos realmente sobre las causas del paro y de la crisis? Como ingenieros, esta pregunta es muy relevante dado que somos los primeros llamados a proponer soluciones viables y efectivas a los numerosos problemas relacionados con la crisis. En general, se han contemplado dos aspectos importantes como posibles causas: los Tratados de Libre Comercio (TLC) y los precios de los productos agroquímicos.

Los diversos TLC firmados por nuestro país constituyen principalmente cambios en las reglas de juego aplicables sobre el intercambio comercial con otros países. Estas reglas, en condiciones ideales, deberían significar una ventaja competitiva y una oportunidad para nosotros como ingenieros, con miras a aprovecharlas de la mejor manera posible, independientemente de que estemos de acuerdo o no con ellas, es parte de nuestra labor.

Por otra parte, un suelo fértil es indispensable para la producción agrícola y teniendo en cuenta el uso intensivo que se hace de los suelos en la actualidad, los nutrientes deben reponerse constantemente de manera artificial. Existen dos macronutrientes esenciales para los vegetales en el suelo: nitrógeno y fósforo; además del potasio, que no es un metabolito principal, pero es indispensable para el

avance de múltiples reacciones enzimáticas en las plantas.

Por tal razón, estos tres elementos son los componentes principales de los fertilizantes tipo NPK, que no resultan indispensables para el crecimiento de las plantas pero sí esenciales para que éstas permanezcan saludables y logren mantener una capacidad productiva óptima (Dawson & Hilton, 2011).

El nitrógeno es un elemento muy abundante en la atmósfera terrestre, ocupando el 80% de la misma. No obstante, ningún vegetal es capaz de aprovechar el nitrógeno atmosférico de manera directa para su crecimiento, por lo que dependen completamente de microorganismos que convierten el nitrógeno atmosférico en amoníaco a través de un proceso denominado fijación de nitrógeno (Madigan, 2012). Por esta razón, hasta hace apenas 100 años, no sólo las plantas, sino todos los habitantes del planeta (incluido el hombre), dependían completamente del proceso de fijación de nitrógeno para subsistir, dado que este elemento es un componente indispensable en las proteínas.

Sin embargo, a mediados de 1909, Fritz Haber descubre un proceso que permite la reacción directa del nitrógeno atmosférico con hidrógeno molecular para producir amoníaco. Este proceso fue adquirido por BASF, quién contrató al ingeniero Carl Bosch para escalar el proceso de laboratorio hasta un nivel industrial. Esta fijación de nitrógeno artificial se denomina el proceso de Haber-Bosch, el cual se usa aún en la actualidad (Appl, 2000).

Dentro de este orden de ideas, resulta interesante analizar la forma en que ha cambiado el crecimiento de la población humana entre el siglo XVIII y el siglo XX (Figura 1), observándose un incremento claro y pronunciado en la pendiente de esta curva, asociado precisamente al desarrollo del proceso Haber-Bosch; lo que sugiere que la disponibilidad actual de alimentos depende, en gran medida, de nuestra capacidad de utilizar directamente el nitrógeno de la atmósfera (Smil, 1999).



Figura 1. Crecimiento de la población mundial durante los últimos 3 siglos (adaptado de Allianz Knowledge Site: <http://knowledge.allianz.com/>)

Por su parte, el fósforo, que también es un componente de los fertilizantes NPK, tiene un comportamiento muy diferente al del nitrógeno. Mientras que las fuentes de nitrógeno son virtualmente ilimitadas, las fuentes de fósforo son limitadas y se localizan principalmente en yacimientos de China, Rusia, Estados Unidos y Túnez (Esterl, 2013), razón por la cual, el fósforo podría llegar a escasear en el futuro si no se planea su uso de manera adecuada. Además, el ciclo de vida (ciclo biogeoquímico) del fósforo está enmarcado dentro de una escala de tiempo de milenios, mientras que el ciclo del nitrógeno se asocia a tiempos del orden de décadas, a un par de siglos (Dawson & Hilton, 2011). Esto significa que, en menos de 100 años, el nitrógeno pasa de la atmósfera al suelo, es asimilado por las plantas, es consumido por animales, es

desechado tanto por éstas como por animales y, finalmente, algunos organismos desnitrificadores devuelven ese nitrógeno (Figura 2) a la atmósfera (Grizzetti, Pretato, Lassaletta, Billen & Garnier, 2013). Un ciclo similar, en el caso del fósforo, demora miles de años, lo cual puede ser preocupante si se tiene en cuenta que las reservas mundiales calculadas de fósforo serían suficientes apenas para entre 300 a 400 años (IFDC, 2010).

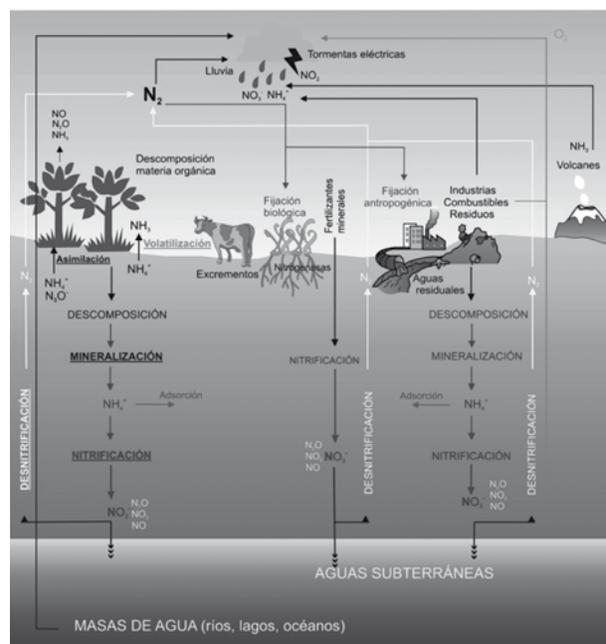


Figura 2. Ciclo del Nitrógeno (adaptado de http://www.miliarium.com/proyectos/nitratos/Nitrato/Ciclo_Nitrogeno.jpg)

Estos datos nos deberían llevar a reflexionar sobre el manejo que se da al fósforo en la agricultura, especialmente si se considera que los yacimientos encontrados hasta el momento en Colombia no son muy grandes, y se componen principalmente de roca fosfórica, la cual debe modificarse químicamente antes de ser apta para el uso agrícola (Osorno Henao, 2012). Las anteriores razones hacen que la recuperación y reciclaje del fósforo ganen importancia con miras a preservar la sostenibilidad de la actividad agrícola nacional. Además, para los ingenieros locales es importante comprender en profundidad estos

ciclos biogeoquímicos como parte integral y fundamental del ambiente, con el fin de estar en capacidad de dar respuesta a estos desafíos que ponen en riesgo nuestra seguridad alimentaria y, que de no ser abordados a tiempo, seguirán reduciendo aceleradamente la competitividad de nuestros agricultores.

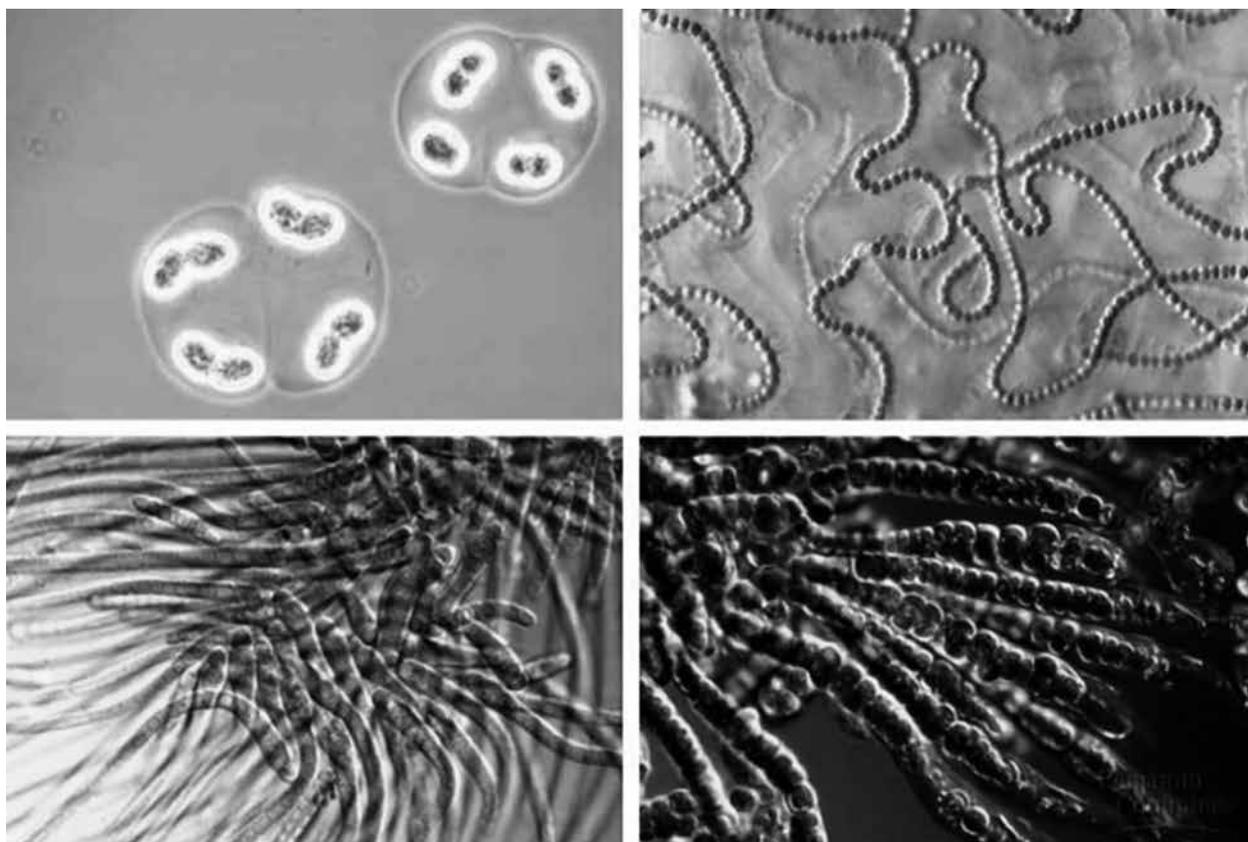
En concreto, el costo de los fertilizantes y otros agroquímicos en Colombia es aproximadamente un 50% más alto que el promedio internacional, por lo que el gobierno propone reducir aranceles con el fin de mitigar el problema (Eslava, 2013). No obstante, una mejor solución sería producir amoníaco a nivel local, para lo cual se requiere principalmente gas natural y nitrógeno atmosférico; pero desafortunadamente altos funcionarios, tanto del gobierno como de asociaciones de agricultores privadas, enfatizan que “carecemos de la infraestructura” (Diario del Huila, 2013), situación que es decepcionante teniendo en cuenta que el proceso Haber-Bosch tiene más de un siglo de antigüedad.

Otra situación preocupante tiene que ver con el uso exagerado de fertilizantes en el país. Según datos del Banco Mundial,¹ Colombia es uno de los países con mayor uso de fertilizantes por hectárea en el mundo, únicamente superado por países como China y Malasia, además de países desérticos como Bahréin, Emiratos Árabes Unidos y Kuwait (Revista Portafolio, 2013). Es también sorprendente que otros países del área andina usen varias veces menos fertilizantes (Colombia: 578.6kg/Ha; Bolivia: 9kg/Ha; Brasil: 142.5kg/Ha, Ecuador: 252.1kg/Ha; Perú: 100.3kg/Ha), lo que, sumado a los altos precios, hace que en Colombia los fertilizantes constituyan entre el 15% y el 30% del costo de producción, mientras que en Brasil y Perú esta cifra no supera el 10% (Suárez Monto-

ya, 2013). Más desconcertante aún es que las razones para este uso excesivo no son del todo claras, pues algunos argumentan que las características ácidas de nuestros suelos demandan mayores cantidades, mientras otros aseguran que el desconocimiento de las dosis adecuadas constituye la razón principal.

Todos estos datos y cifras nos permiten tener un mejor acercamiento al problema, además de facilitar la proposición de soluciones. El proceso Haber-Bosch requiere de un suministro constante de metano, altas presiones y temperaturas moderadamente elevadas, lo que dificulta su implementación desde el punto de vista de la inversión inicial. Sin embargo, se está investigando sobre alternativas biotecnológicas para captura de nitrógeno ambiental con base en recursos fácilmente renovables y condiciones que demandan inversiones menores en infraestructura. El aprovechamiento de microorganismos fijadores de nitrógeno no es una idea nueva; por el contrario, antes del siglo XX la rotación de cultivos, incluyendo plantas leguminosas en los ciclos, era una práctica común para mantener los niveles de nitrógeno en el suelo, gracias a microorganismos fijadores de nitrógeno que viven en simbiosis con las raíces de estas plantas. En la actualidad, aunque se está considerando nuevamente esta práctica, existe un debate sobre la sostenibilidad del proceso, donde algunos académicos señalan que el tamaño de la población mundial supera la capacidad de carga; mientras que otros argumentan que, bajo condiciones óptimas en la cosecha y transporte con baja pérdida de producto, acompañado de periodos con suelo sin capa vegetal reducidos al mínimo, el uso de leguminosas todavía es una opción atractiva para reemplazar un gran porcentaje de los fertilizantes químicos (Crews & Peoples, 2004).

¹ <http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.CON.FERT.ZS>



Cianobacterias

Tomado de: http://2.bp.blogspot.com/_HVzA5Yib4Mk/S9IV9gIf7SI/AAAAAAAAABk/MTblyX0Dp7k/s1600/111-30-cyanobacteria.jpg

Por otra parte, se tienen los biofertilizantes como alternativa. Estos biofertilizantes son básicamente microorganismos cultivados en el laboratorio, los cuales se aplican directamente sobre el cultivo. Entre estos microorganismos, un grupo interesante lo constituyen las cianobacterias debido a que son organismos autótrofos (utilizan dióxido de carbono como fuente de carbono), fotosintéticos (capturan energía directamente de la radiación solar) y fijadores de nitrógeno (Bothe, O. Schmitz, Yates & Newton, 2010). Estas tres características permiten que estos organismos puedan ser aprovechados para captura de CO² y fijación de nitrógeno utilizando luz solar como principal fuente de energía, requiriendo sólo fósforo como macronutriente adicional, además de micronutrientes y elementos traza, los cuales podrían

ser obtenidos a partir de aguas residuales (Rothermel, 2011). Por tal motivo, el cultivo de cianobacterias resulta una opción económicamente viable para atrapar una gran diversidad de nutrientes esenciales, a partir de fuentes de costo mínimo, en un medio sólido (microorganismos) de fácil manipulación y que puede ser aplicado directamente a los cultivos de plantas alimenticias.

En ese sentido, como miembros de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil, tenemos la oportunidad de trabajar en varios aspectos de estas soluciones biotecnológicas; estudiando diseños de fotobiorreactores de bajo costo y altas productividades, analizando muestras ambientales en busca de cianobacterias autóctonas que den rendimientos óptimos bajo las condiciones de clima y radiación solar de nuestro país; estableciendo

condiciones de cultivo que permitan atrapar la máxima cantidad de CO² utilizando aire como fuente de nitrógeno y aguas residuales como fuente de otros nutrientes; estableciendo métodos adecuados de almacenamiento, transporte y aspersión de estos biofertilizantes y procurando estudiar de forma detallada el comportamiento de estos organismos después de ser liberados al ambiente. En síntesis, un solo enfoque de solución permite abordar el problema desde numerosas perspectivas, donde todos tenemos la oportunidad de participar.

Bibliografía

Dawson C. J. and Hilton, J. (2011). "Fertiliser availability in a resource-limited world: Production and recycling of nitrogen and phosphorus," *Food Policy*, vol. 36, Supplement 1, pp. S14–S22, Jan. 2011.

Madigan, M. T. (2012), *Brock biology of microorganisms*. San Francisco: Benjamin Cummings, 2012.

Appl, M. (2000). "Ammonia," in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Smil, V. (1999). "Detonator of the population explosion," *Nature*, vol. 400, no. 6743.

Esterl Mike (2013). "Miners Dig In for a Fight," *Student News Daily*. [Online]. <http://www.studentnewsdaily.com/daily-news-article/miners-dig-in-for-a-fight/> [consultado: 26-Sep-2013].

Grizzetti, B.; Pretato, U.; Lassaletta, L.; Billen, G.; & Garnier, J. (2013). "The contribution of food waste to global and European nitrogen pollution," *Environ. Sci. Policy*, vol. 33.

IFDC (2010). *World Phosphate Rock Reserves and Resources*. Muscle Shoals, AL 35662, USA: International Fertilizer Development Center.

Osorno Henao, H. (2012). "Mitos y realidades de las calles y enmiendas en Colombia" Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Eslava, Marcela (2013). "Agro: el problema es estructural y demanda soluciones estructurales". *La Silla Vacía*. [Online]. <http://lasillavacia.com/elblogueo/blog/agro-el-problema-es-estructural-y-demanda-soluciones-estructurales-45511> [consultado: 23-Sep-2013].

Diario del Huila (agosto de 2013). "¿Cuál es la realidad de los fertilizantes en Colombia?," No disponible en línea.

Revista Portafolio (2013). "Elevado uso de fertilizantes en Colombia". www.portafolio.com.co [Online]. <http://www.portafolio.com.co/negocios/elevado-uso-fertilizantes-colombia> [consultado: 23-Sep-2013].

Suárez Montoya, Aurelio (2013). "Colombia, campeón mundial en precio de fertilizantes". *El Espectador*. [Online]. <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/colombia-campeon-mundial-precio-de-fertilizantes-articulo-440962> [consultado: 23-Sep-2013].

Crews T. and Peoples, M. (2004). "Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs," *Agric. Ecosyst. Environ.*, vol. 102, no. 3.

Bothe, H.; Schmitz, O.; Yates, M. G.; & Newton, W. E. (2010). "Nitrogen Fixation and Hydrogen Metabolism in Cyanobacteria," *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, vol. 74, no. 4.

Rothermel, M. C. (2011). "Coupling the Wastewater Treatment Process with an Algal Photobioreactor for Nutrient Removal and Renewable Resource Production" [Online]. <http://d-scholarship.pitt.edu/8395/> [consultado: 31-agosto-2013].