

## 09

Texto: J. Gijs Kuenen y Laura van Niftrik  
The International Microbiology Literacy Initiative  
j.g.kuenen@tnw.tudelf.nl, l.vanniftrik@science.ru.nl

# MicroStar: Kuena

## *Kuenaenia stuttgartiensis*

**Salto a la fama: reduce la contaminación por nitrógeno de los sistemas acuáticos combinando amonio y nitrito en gas nitrógeno inocuo y agua.**

*¿Por qué es importante el nitrógeno?*

Todos los seres vivos contienen nitrógeno, ya que es un elemento importante en sus proteínas y otras moléculas celulares. De hecho, el nitrógeno constituye el 10% del peso de las plantas. Para poder alimentar a todos los habitantes del planeta, es esencial la producción a gran escala de cultivos alimentarios a través de la agricultura. El nitrógeno en el suelo en una forma que las plantas puedan utilizar, como amonio y nitrato, es limitante para el crecimiento de las plantas. En otras palabras, en circunstancias normales, las plantas no pueden crecer al máximo porque no hay suficiente nitrógeno disponible en los suelos en los que crecen. Para satisfacer la creciente demanda de cultivos alimentarios, los agricultores alivian la restricción de nitrógeno del crecimiento de las plantas añadiendo una gran cantidad de fertilizante nitrogenado que potencia el crecimiento de las plantas.

El fertilizante nitrogenado se fabrica industrialmente convirtiendo el nitrógeno atmosférico en fertilizante nitrato amónico, mediante un proceso puramente químico, que requiere el aporte de mucha energía.

La gente se come las plantas, y también alimentamos con ellas a los animales para producir leche y carne. Tanto los humanos como los animales producen caca y pis que contienen mucho amoníaco procedente del fertilizante utilizado para producir los alimentos. Parte del amoníaco, que es muy volátil, es transportado por el aire y luego absorbido por el suelo cercano, donde puede ser reutilizado por las plantas para crecer.

El gran problema es que producimos mucho más fertilizante del que la naturaleza puede manejar. Como resultado, la mayor parte del fertilizante sobrante acaba en el suelo, lo que provoca la contaminación de muchos entornos vulnerables. Por ejemplo, el amoníaco del aire transforma los campos de brezo pobres en nitrógeno en ricos

campos de hierba. Además, gran parte del fertilizante es arrastrado por la lluvia y acaba en las aguas superficiales y subterráneas. Al igual que los suelos, los medios acuáticos están naturalmente limitados por el nitrógeno, por lo que sólo permiten el crecimiento de una pequeña cantidad de algas fotosintéticas y cianobacterias. La aportación de fertilizantes agrícolas elimina esta limitación del crecimiento, permitiendo un rápido crecimiento de algas y cianobacterias, lo que se conoce como eutrofización. La figura 1 muestra el resultado de un exceso de fertilización. Algunas de las cianobacterias (a menudo conocidas como algas verdeazuladas) son tóxicas y, en cualquier caso, ambos tipos consumen oxígeno durante la noche. Y lo que es más importante, las redes tróficas que funcionan en los sistemas acuáticos normales y que consumen las algas y las cianobacterias, dejan de funcionar durante un periodo de rápido crecimiento ("bloom") inducido por los fertilizantes. En lugar de ser consumidas por los depredadores, las algas/cianobacterias mueren y son degradadas por bacterias. Esta degradación implica el consumo de oxígeno, creando zonas de baja concentración. Como resultado, los peces mueren al no poder obtener suficiente oxígeno.

*¿No estaría bien que existiera un microbio capaz de devolver el exceso de amonio en el ambiente a gas nitrógeno? ¿Para "desfertilizar"? ¿Para evitar la eutrofización? Pues sí, existe: Kuena. Kuena combina amonio y nitrito para formar gas nitrógeno y agua. Lo sorprendente es que estas bacterias lo hacen fabricando primero hidracina, también conocida como combustible para cohetes, una sustancia química nunca antes vista como intermediario libre en la naturaleza. La hidracina ( $N_2H_4$ ) no es un compuesto amigable y Kuena la mantiene separada de sus otras actividades celulares confinándola en un microcompartimento dentro de la célula bacteriana, llamado anammoxosoma. De hecho, este compartimento ocupa más del 60 % de la célula, como puede verse en la imagen de microscopio electrónico (Figura 2A). Finalmente, la hidracina se convierte en inofensivo gas nitrógeno y agua que se difunden fuera de la célula al medio ambiente.*

Para manejar la hidracina, las Kuena están rellenas de enzimas relacionadas con la respiración, los citocromos. Son algo similares a la hemoglobina de la sangre y colorean las células densamente



Fig. 1.- Contaminación por exceso de fertilizantes nitrogenados que causa una proliferación de algas, vista desde el embarcadero de un lago (cortesía de Dedmer van der Waal).

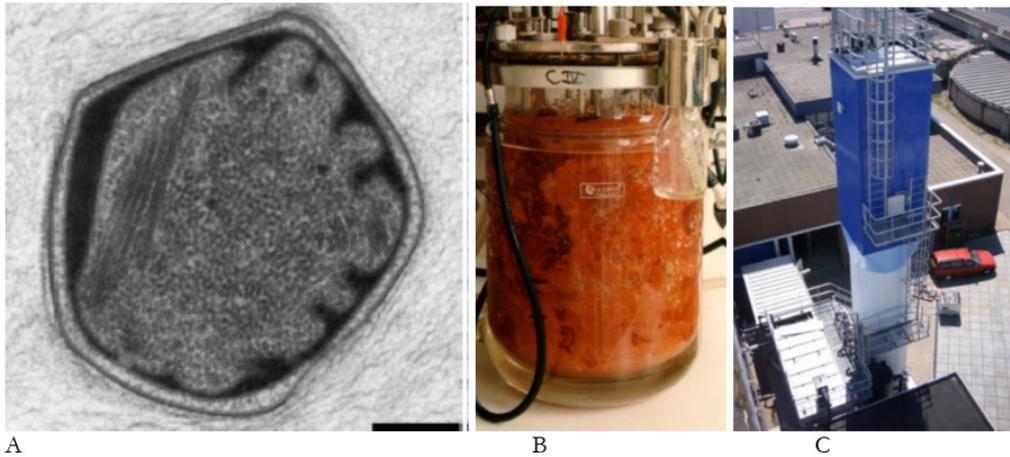


Fig. 2.- A: micrografía electrónica de Kuenia que muestra un gran compartimento de anammoxosomas (barra de 0,5 micrómetros) (cortesía de Laura van Niftrik), B: reactor piloto (2 l) con anammox rojo (cortesía de Marc Strous), C: planta de tratamiento de aguas residuales con anammox de 18 m de altura (cortesía de Udo van Dongen).

empaquetadas de rojo brillante, como puede verse en un pequeño reactor piloto (Figura 2B) junto a un reactor real de tratamiento de aguas residuales (Figura 2C).

Kuena es uno de varios grupos de bacterias -las bacterias anammox- capaces de convertir el amoníaco y el nitrito en nitrógeno gaseoso. Las bacterias anammox hacen todo esto en ausencia de oxígeno. De hecho, el oxígeno es tóxico para ellas - son lo que llamamos bacterias anaerobias. Se pueden encontrar en casi todos los entornos en los que llevan a cabo la oxidación anóxica del amonio, de ahí su nombre (patentado): bacterias “anammox”.

*Dato curioso.* Los cálculos muestran que las bacterias anammox son tan activas en la naturaleza que una gran parte del nitrógeno gaseoso presente en el aire que respiramos está formado por bacterias anammox.

La cuestión es que no podemos confiar en que la naturaleza elimine todo el amonio que liberamos al medio ambiente y necesitamos eliminarlo antes de que entre en él. El lugar obvio para hacerlo son las plantas de tratamiento de aguas residuales que reciben nuestras heces y orines. Por ello, se ha dedicado mucho esfuerzo e ingenio al desarrollo de un proceso que utiliza bacterias anammox para convertir el amonio de las aguas residuales en el inofensivo gas nitrógeno. El proceso anammox se utiliza actualmente a gran escala en las plantas de tratamiento de aguas residuales de todo el mundo. No sólo ahorra energía, sino que es mucho más eficaz que el proceso tradicional. De hecho, resulta que la naturaleza lo inventó hace millones de años. Recientemente se ha descubierto que casi la

mitad del nitrógeno presente en el medio marino es convertido en gas nitrógeno inofensivo por microestrellas anammox como Kuena.

#### La importancia de Kuena para nosotros.

Sin Kuena y sus parientes, el proceso anammox no sería posible y las aguas residuales tratadas vertidas en los ríos y cuencas locales llevarían elevadas cargas de amonio. Esto contaminaría las aguas superficiales y los acuíferos, perturbaría

las redes tróficas naturales, crearía eutrofización y aguas sin oxígeno que matarían a los peces y otros animales acuáticos, y reduciría los servicios ecosistémicos proporcionados por las aguas contaminadas (ODS 6, 13, 14, 15). Así que Kuena es un buen amigo del medio ambiente y, por tanto, de nosotros.

Agradecimientos: damos las gracias al Dr. Marc Strous (U Calgary, Ca), Ing. Udo van Dongen (TUDelft, NL) y al Dr. Dedmer van der Waal (NIOO, KNAW, NL), por facilitarnos sus fotografías.

**¡Kuena es una bacteria poderosa!**



International Microbiology Literacy Initiative