

**SEMINARIO Nº 5**  
**“EL CICLO DEL NITROGENO: LA FIJACION DEL NITRÓGENO”**

INTEGRANTES:

JULIO CAFFA  
SEBASTIAN DE BERNARDIN

**INTRODUCCION:**

El nitrógeno es el macronutriente que en mayor medida condiciona la vida sobre la tierra. Un 78% de atmósfera está formado por N<sub>2</sub>, si bien el nitrógeno atmosférico representa tan sólo un 1.2% del nitrógeno que haya en el planeta. Se debe considerar el nitrógeno del manto terrestre presente en las rocas y en los minerales, que representan el 98% del total del nitrógeno que hay en la Tierra.

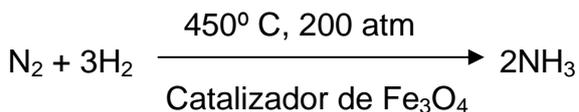
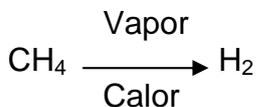
A pesar de que desde un punto de vista termodinámico, la oxidación del N<sub>2</sub> a NO<sub>3</sub><sup>-</sup> es teóricamente favorable, no ocurre fácilmente. Esto se debe a que el triple enlace que tiene lugar entre los átomos de nitrógeno es estable y romperlo requiere gran cantidad de energía. La energía se encuentra en los relámpagos y, de hecho, estos aportan al suelo de 0.5 a 5 Kg. de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por hectárea por año. Otra fuente de aportación de nitrógeno atmosférico al suelo es el NH<sub>3</sub> procedente de diversas fuentes.

El depósito de nitrógeno atmosférico no es suficiente para satisfacer las necesidades de la mayor parte de los sistemas de producción agrícola. El nitrógeno de las rocas se libera tan lentamente que no resulta suficiente para cubrir las necesidades de las plantas.

El proceso que aporta la mayor parte del nitrógeno disponible a los sistemas biológicos es la fijación simbiótica y asimbiótica del N<sub>2</sub>.

**FIJACION INDUSTRIAL DEL NITROGENO:**

La fijación industrial del nitrógeno se realiza mediante el método de Haber-Bosch:



El H<sub>2</sub> y la energía necesaria para generar temperaturas tan elevadas proceden de los combustibles fósiles. A medida que aumenta el precio de la energía se incrementa el precio del nitrógeno fertilizante.

## **FIJACION BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO: LOS ORGANISMOS**

La capacidad de fijación del nitrógeno se encuentra en diversos grupos fisiológicos. Estos tienen en común el hecho de ser procarióticos.

El organismo mejor caracterizado en condiciones aerobias es el *Azotobacter*. En condiciones anaerobias, el mejor caracterizado es el *Clostridium*.

Por su parte, diversas cianobacterias también han sido caracterizadas de forma certera.

El *Azotobacter* es un organismo Gram (-), heterótrofo y móvil del suelo. El *Azotobacter* crece mejor en suelos neutros a alcalinos y mesofílicos. No prolifera cuando el pH está por debajo de 6 y no está presente en suelos ácidos. No resultan habituales poblaciones demasiado extensas. En consecuencia, no aportan al suelo demasiado nitrógeno fijado. Las bacterias *Beijerinckia* y *Derxia* ocupan el lugar del *Azotobacter* en suelos ácidos y tropicales.

Los fijadores de nitrógeno anaerobios incluyen organismos como el *Clostridium pasteurianum*, un heterótrofo con un rango de pH intermedio, situado entre el *Azotobacter* y el *Beijerinckia*.

Las cianobacterias pueden encontrarse en el suelo, a veces justo debajo de la superficie del mismo. Algunos pueden sobrevivir a un desecamiento extremo y formar costras secas en prados y desiertos, los cuales inician el proceso de fijación del nitrógeno una vez que se humedecen.

## **CARACTERÍSTICAS DE LA FIJACION DEL NITRÓGENO**

Resulta necesario cumplir tres condiciones para comprobar que la fijación bacteriana del nitrógeno se produce. En primer lugar, debe haber una extensa población de estos organismos, acorde con los niveles de fijación del nitrógeno observados. En segundo lugar, debe producirse una rápida formación celular, lo que indica que la fijación del nitrógeno está vinculada al crecimiento. En tercer lugar, el nitrógeno debe ser atmosférico y no orgánico o inorgánico.

La fijación del nitrógeno gasta mucha energía. De hecho, los microorganismos deben disponer de un suministro rápido de electrones para que se produzca una fijación de nitrógeno significativa. Así, los electrones son necesarios, puesto que la fijación de nitrógeno es un proceso reductivo. El carbono reducido es usado por los heterótrofos para obtener electrones, mientras que la energía luminosa es utilizada por los fotótrofos para oxidar el agua o un compuesto de azufre reducido y, de esta manera, obtener los electrones necesarios en condiciones anaerobias.

La fijación del nitrógeno requiere un complejo enzimático llamado nitrogenasa y esta debe actuar en un microambiente protegido del oxígeno. Los fijadores de nitrógeno deben encontrar o producir un ambiente libre de oxígeno, o bien provisto de este gas en cantidades limitadas. He aquí un dilema para los fijadores de nitrógeno aerobios como el *Azotobacter*, puesto que la respiración de oxígeno es necesaria para producir electrones para la fijación y la respiración. Los anaerobios como el *Clostridium* están protegidos por el oxígeno, puesto que existen en un ambiente aerobio. No obstante, la generación de energía constituye un problema en este caso. En consecuencia, la cantidad de nitrógeno fijado globalmente por los anaerobios es pequeña, pero significativa, allí no hay otras fuentes externas de nitrógeno.

Los fotótrofos, como las cianobacterias, fabrican oxígeno de la misma manera que las plantas. La habilidad de fijar nitrógeno resulta muy habitual en cianobacterias filamentosas formadoras de heteroquistes.

La fijación del nitrógeno no tiene lugar cuando el  $\text{NH}_4^+$  o el  $\text{NO}_3^-$ , o bien el nitrógeno orgánico, están disponibles.

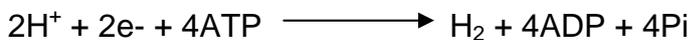
## **FISIOLOGÍA**

La fijación biológica de nitrógeno es catalizada por una asociación enzimática llamada nitrogenasa. La nitrogenasa está compuesta por dos proteínas solubles: la proteína del hierro (dinitrogenasa reductasa) y la proteína del MoFe (dinitrogenasa). El MoFe es un cofactor esencial en la dinitrogenasa. Las dos enzimas del complejo funcionan conjuntamente: la dinitrogenasa reductasa reduce la dinitrogenasa, mientras que esta última reduce el nitrógeno. Ambas enzimas son necesarias para que se produzca la fijación.

La ecuación para la fijación del nitrógeno puede ser la siguiente; el  $\text{Mg}^{+2}$  es el cofactor necesario:



Cada electrón transferido requiere 2 ATP. La nitrogenasa no es del todo efectiva. De hecho, también reduce otros compuestos como el  $\text{H}^+$ , el  $\text{N}_2\text{O}$ , el  $\text{N}^{-3}$  y el CN. La evolución del hidrógeno es un subproducto de carácter general de la fijación del nitrógeno, particularmente en flujos de electrones poco elevados:



La ecuación general para la fijación catalizada por la nitrogenasa es, por tanto:



## **CONCLUSIÓN**

Los ciclos nutricionales del suelo constituyen el corazón de la microbiología del suelo. De hecho, sin los microorganismos del suelo, no habría prácticamente ningún ciclo de nutrientes y la vida, tal como la conocemos no podría existir. El nitrógeno es el nutriente vegetal más determinante y experimenta diversas transformaciones. Existen dos formas de fijación: la industrial y la biológica. Pero sin dudas la más económica y la que produce los mejores beneficios en cuanto a rendimiento es la biológica, a cargo de los microorganismos del suelo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Coyne M.; 2000. Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio. Ed. Paraninfo. Capítulo 22.