

NITRIFICACIÓN

Importancia medioambiental

MICROBIOLOGÍA 2º C.C.A.A.

GRUPO C

ALUMNOS:

- ✓ **CASTAÑO DOMENE, MARIA DEL MAR.**
- ✓ **MEDINA RODRIGUEZ, MARIA TERESA.**

ÍNDICE:

1.- NITRIFICACIÓN ¿QUÉ ES?

2.-BACTERIAS NITRIFICANTES

2.1.-POBLACIONES AUTÓTROFAS

✓ Nitratación

✓ Nitrosación

2.2.-POBLACION HETERÓTROFAS

3.-IMPORTANCIA DE LA NITRIFICACIÓN

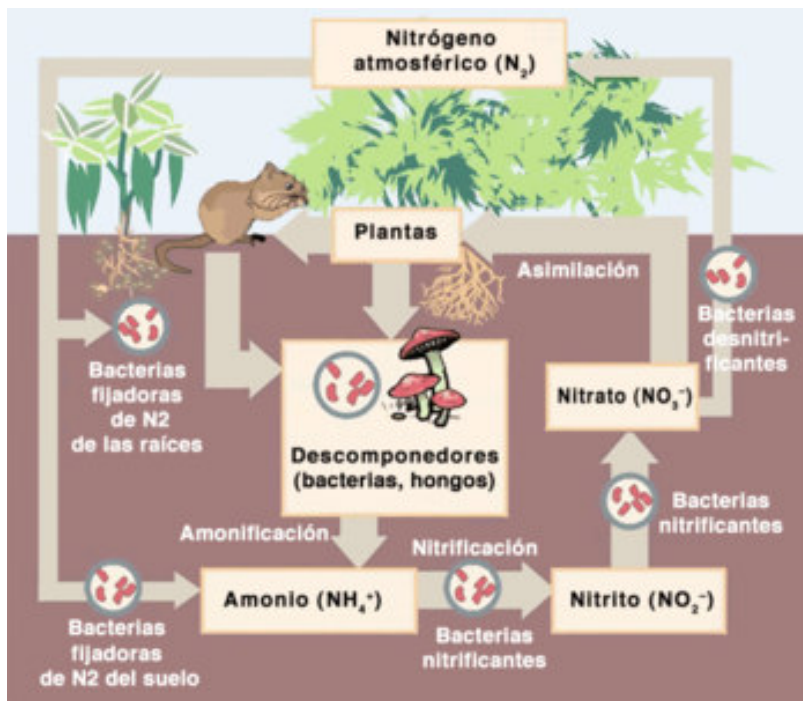
1.-NITRIFICACIÓN ¿QUÉ ES?

La nitrificación es la oxidación biológica del amonio a nitrato por microorganismos aerobios que usan el oxígeno molecular (O_2) como *aceptor de electrones*, es decir, como *oxidante*. A estos organismos el proceso les sirve para obtener energía, al modo en que los heterótrofos la consiguen oxidando alimentos orgánicos a través de la respiración celular. El C lo consiguen del CO_2 atmosférico, así que son organismos autótrofos. El proceso fue descubierto por Sergei Vinogradski y en realidad consiste en dos procesos distintos, separados y consecutivos, realizados por organismos diferentes:

- **Nitrosación.** Partiendo de amonio se obtiene nitrito (NO_2^-). Lo realizan bacterias de, entre otros, los géneros *Nitrosomonas* , y *Nitrosococcus*.
- **Nitratación.** Partiendo de nitrito se produce nitrato (NO_3^-). Lo realizan bacterias del género *Nitrobacter*.

La combinación de amonificación y nitrificación devuelve a una forma asimilable por las plantas, el nitrógeno que ellas tomaron del suelo y pusieron en circulación por la cadena trófica.

La nitrificación es favorecida por la presencia de oxígeno y suficiente alcalinidad para neutralizar la bajada de pH que provoca la formación de nitrato. El pH del agua debe ajustado a valores alrededor de 7.8, por adición de bicarbonato sódico al 10 %. La temperatura óptima para los nitrificantes autótrofos se sitúa en un rango entre 25 y 30 °C.

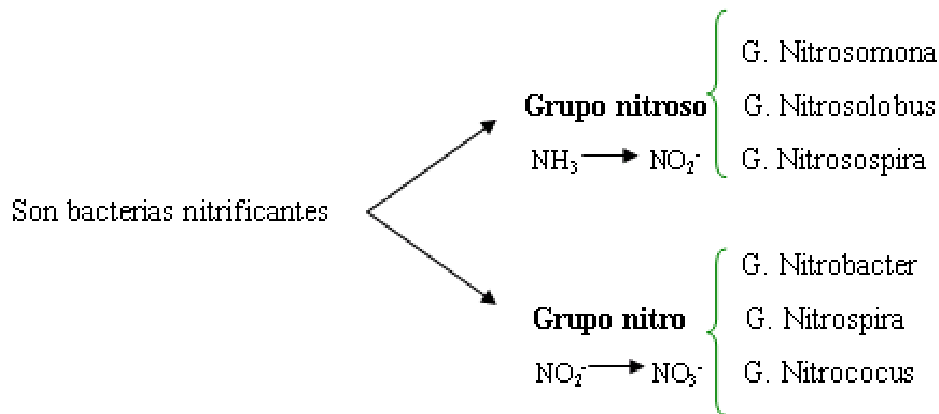


2.-BACTERIAS NITRIFICANTES

2.1.-POBLACIONES AUTÓTROFAS

Las poblaciones autótrofas, que realizan la nitrificación, utilizan dos formas de nitrógeno reducido, amoníaco y nitritos, como fuente de energía para su metabolismo, obteniéndose al final el nitrato, que es utilizado como fuente de nitrógeno por otros organismos.

Por tanto, podemos distinguir dos tipos de nitrificantes: los que convierten amoníaco, o sales amónicas, en nitritos y los que convierten este nitrito en nitrato, recibiendo a veces los nombres de gérmenes nitrosos y nítricos, respectivamente.



✓ Nitrosación

Los oxidadores de amoníaco son bacterias pertenecientes al género Nitrosomonas (por ejemplo: N. europea y N. oligocarbogenes), ya que se encuentra mejor adaptada a las condiciones que suelen darse en medios acuáticos. Asimismo, se han descrito bacterias pertenecientes a los géneros Nitrospira, Nitrosococcus y Nitrosolobus, capaces de realizar esta transformación pero con una eficiencia menor, ya que tienen unos requerimientos nutricionales y ambientales más estrictos.

Las diferencias entre estos géneros se establecen por su morfología y estructura celular. Que se presenta en la siguiente tabla:

<u>Microorganismo</u>	<u>Morfología</u>
Nitrosomonas	Formas alargadas, con membranas internas agrupadas en vesículas aplastadas periféricas.
Nitrosococcus	Formas esféricas, con membranas internas agrupadas en vesículas aplastadas periféricas, o paquetes de membranas centrales.
Nitrospira	Espirales, con pocas membranas internas.
Nitrosolobus	Formas lobulares pleomórficas.

Las bacterias que utilizan la oxidación de NH_3 a NO_2^- realizan los siguientes procesos:

- En primer lugar se produce un paso intermedio en que el NH_3 pasa a hidroxilamina (NH_2O), el enzima que interviene es una monooxigenasa que produce la oxidación del NH_3 . En el segundo paso la NH_2O es oxidada a NO_2^- mediante una hidroxilamina-óxidoreductasa.
- La primera es una enzima constitutiva ligada a la membrana celular, la segunda actúa a nivel del periplasma.
- Los electrones necesarios para que el NH_3 se reduzca proceden de la cesión directa de la hidroxilamina-óxidoreductasa al citocromo "c" por la cadena transportadora de e^- hasta el oxígeno generando una fuerza motriz de protones que generará ATP.

✓ **Nitratación.**

Los oxidadores de nitrito pertenecen al género Nitrobacter, aunque también se han descrito los géneros Nitrospina y Nitrococcus, pero les ocurre lo mismo que a los géneros citados en la formación de nitrito.

<u>Microorganismo</u>	<u>Morfología</u>
Nitrobacter	Formas alargadas pleomórficas, con membranas internas agrupadas en vesículas aplastadas en los extremos de las células.
Nitrospina	Formas alargadas delgadas, sin sistemas membranosos internos, aunque pueden formar vesículas o invaginaciones.
Nitrococcus	Células esféricas, con sistemas membranosos tubulares.

En bacterias en que realiza la oxidación del NO₂⁻ a NO₃⁻ actúan de modo tal que:

- Se realiza por una enzima nitrooxidasas, en este caso los e- se incorporan sobre los citocromos, la cadena es muy corta y el rendimiento de generación de ATP no es muy alto. El metabolismo es típicamente quimiolitótrofo, viven en aerobiosis.
- En ocasiones el NH₃ se puede oxidar en anoxia por acción del nitrato, aceptor de e-, para la formación del H₂. Reacción muy exotérmica con alta liberación de energía.
- En las bacterias nitrobacter se emplea el ciclo de Calvin para fijar CO₂, algunas utilizan compuestos orgánicos porque en la fijación del CO₂ se utilizan mucha energía.

BACTERIAS RESPONSABLES DE LA NITRIFICACIÓN

Tabla II.1. Bacterias responsables de la nitrificación.

Tipo de bacterias	Género	Hábitat
Oxidadoras de amonio	<i>Nitrosomonas</i>	Suelos, marinas, agua dulce
	<i>Nitrospira</i>	Suelo, no crecen en agua de mar
	<i>Nitrosococcus</i>	Suelos, marinas, agua dulce
	<i>Nitrosolobus</i>	Suelos
Oxidadoras de nitritos	<i>Nitrobacter</i>	Suelos, marinas, agua dulce
	<i>Nitrospira</i>	Marina
	<i>Nitrococcus</i>	Marina

2.2.-POBLACION HETERÓTROFAS

Las poblaciones heterótrofas están constituidas por un gran número de bacterias y algunos hongos, pero si diferencian de las anteriores en que su efectividad, en la producción de formas oxidadas de nitrógeno, es muy escasa y necesitan determinadas condiciones para que tenga lugar. Para que estos heterótrofos produzcan nitrificación es necesario que la concentración de amoníaco exceda a la necesaria para ser utilizada como fuente de nitrógeno, además de que el crecimiento activo de estos microorganismos se haya detenido; es decir, realizan el proceso cuando las condiciones de crecimiento no son adecuadas y deben de realizar un metabolismo de mantenimiento. Asimismo, esta oxidación no es realiza para obtener energía, como ocurre en las poblaciones de nitrificantes autótrofos, sino que son consecuencia de su metabolismo de mantenimiento.

La oxidación de amoníaco, en este caso, se realiza mediante dos procesos distintos. En algunas bacterias, la oxidación de amoníaco da lugar a trazas de nitrito cuando el crecimiento ha cesado y las concentraciones iniciales de amoníaco excedían de las necesarias para su asimilación. Por otra parte algunas bacterias (*Arthrobacter*) y hongos (*Aspergillus flavus*) son capaces de producir nitrato en medios que contengan amoníaco como única fuente de nitrógeno.

3.-IMPORTANCIA DE LA NITRIFICACIÓN

Debido al ciclo del Nitrógeno, la presencia de nitratos y nitritos en el ambiente se da de manera natural; sin embargo, las actividades humanas modifican sus concentraciones y pueden hacer que estos compuestos sean potencialmente peligrosos para la salud humana y animal. Los nitratos en el suelo y en las aguas subterráneas se originan de la descomposición natural por microorganismos de materiales nitrogenados orgánicos como las proteínas de las plantas, animales y excretas de humanos y de animales. Las fuentes ambientales más importantes son el uso de fertilizantes nitrogenados, la disposición de excretas y la disposición de desechos municipales e industriales. Aunque el nitrito es el compuesto tóxico, debido a que se forman a partir de los nitratos, un factor determinante en la incidencia de la toxicidad es la concentración de nitratos en el agua. El principal mecanismo de toxicidad de los nitritos es la oxidación del ion ferroso a ion férrico, lo que puede producir metahemoglobinemia, efectos cardiovasculares y efectos respiratorios. El riesgo para la salud debido a los nitratos y nitritos es función de la exposición, la existencia de condiciones favorables para la reducción de nitratos a nitritos y algunos factores inherentes al individuo, por lo que no se puede formular una relación dosis-respuesta con respecto a la presencia de nitratos en el agua.

El Nitrógeno puede encontrarse en el agua en tres maneras diferentes: como gas disuelto, en combinaciones inorgánicas y en combinaciones orgánicas.

El nitrato, nitrito y el ion amonio son formas inorgánicas de nitrógeno que se encuentran en combinación con iones bivalentes y monovalentes. Por lo que se refiere al ion amonio, solamente a un pH superior a 9 se puede encontrar en concentraciones importantes. En concentraciones normales, la fracción de amonio es muy pequeña y puede ser oxidado por acción química, fotoquímica y bacteriana. En las aguas, este proceso se acelera por la actividad de las bacterias. Una molécula de amonio puede combinarse con un protón disponible para formar un ion amonio cargado positivamente. En los suelos, las partículas sólidas cargadas negativamente se adhieren al ion amonio cargado positivamente.

Los suelos de bajo pH son más eficientes en el proceso de adsorción del ion amonio que aquellos de pH elevado y los suelos con alto contenido orgánico son menos eficientes que los suelos minerales con una capacidad similar de intercambio catiónico.

El nitrógeno orgánico no ha recibido mucha atención como una fuente potencial de contaminación, pero la presencia de éste debe de esperarse en el agua subterránea ya que puede provenir de rellenos sanitarios, desechos de ganadería y plantas de tratamiento de aguas residuales.

El nitrógeno puede moverse a través del medio poroso por algunos métodos. Estos métodos pueden operar independientemente o en conjunto. Los compuestos de nitrógeno pueden moverse a través del suelo como gases o como solutos en soluciones acuosas.

El nitrógeno en la materia orgánica insoluble o en forma mineral puede ser transportado a través del perfil del suelo por organismos (a través de excreción o transporte mecánico) o por suspensión de partículas en suelo y agua. La distancia, dirección y cantidad de nitrógeno transportados varía con el tiempo y con las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

Los microorganismos juegan un papel importante en el ciclo del nitrógeno. Alrededor del 90% del nitrógeno total en suelos está en forma orgánica no disponible. El nitrógeno orgánico en el suelo puede ser convertido por actividad microbiana a ion amonio por el

proceso de amonificación. Los iones amonio positivos pueden ser atraídos por partículas cargadas negativamente como la arcilla y materia orgánica sólida y de esta forma ser resistentes a percolar. Los iones amonio pueden empezar a percolar hasta que la capacidad de intercambio catiónico del suelo sea satisfecha.

Efectos de los nitratos en los seres vivos

En el hombre, la metahemoglobinemia es el principal efecto tóxico de la ingestión de nitratos y nitritos. La metahemoglobinemia es causada por nitritos, que son los productos de reducción de los nitratos. La reducción, por lo común, se realiza mediante acción microbiana en el medio ambiente o en el organismo. En consecuencia, los riesgos de salud de la exposición a los nitratos están vinculados no sólo con su concentración en el agua y los alimentos, sino también con la presencia o ausencia de condiciones favorables a su reducción a nitritos. Los lactantes son el grupo más vulnerable por las siguientes razones:

- La menor acidez de su estómago, que permite el desarrollo de ciertos microorganismos que contienen enzimas capaces de reducir nitratos a nitritos.
- La hemoglobina fetal, que constituye una proporción considerable de la hemoglobina del lactante, y a los eritrocitos que durante la niñez pueden ser más susceptibles a la conversión a metahemoglobina por la acción de los nitritos.
- El sistema enzimático que puede reducir metahemoglobina a hemoglobina, es deficiente en el lactante.
- La ingesta de líquidos en el lactante, es más elevada que la del adulto en relación con el peso corporal.

La metahemoglobinemia a partir de aproximadamente 10% puede producir cianosis asintomática, en tanto que los niveles de 20-50% se acompañan de cianosis manifiesta, y, signos y síntomas hipóxicos, como debilidad, disnea por el ejercicio, cefalalgia, taquicardia y pérdida del conocimiento (Arena, 1970; Comité sobre Acumulación de Nitratos, 1972).

Aunque no se conoce la concentración letal de metahemoglobina se sabe que puede ocurrir la muerte a niveles superiores al 50% (Comité sobre Acumulación de Nitratos, 1972).

No obstante, que la característica sobresaliente de la toxicidad del nitrato es el desarrollo de la metahemoglobinemia, los nitratos pueden también causar vasodilatación que agrava los efectos de la metahemoglobinemia.

En resumen, la nitrificación produce transformaciones en el medio, tales como:

- El N_2O y NO participan en los procesos de destrucción de la capa de ozono por lo que el nitrógeno conforma el 78% de la composición del aire.
- La eficiencia o impacto del Nitrógeno se asocia a la producción de NO_2 y NO_3 en suelo y agua y de NO y N_2O en el aire.
- En el agua produce eutrofización, el cuál es un proceso irreversible, desencadenan reacciones de descomposición de animales y plantas muertas y provocan que los lagos eutroficados en condiciones anaerobias hasta convertir el lago en un pantano.

- En animales y humanos produce la metahemoglobinemia o cancerígenos.
- En el suelo salinizan, reducen cosechas por consumo de nitrógeno por las plantas.
- La alta dosificación de fertilizantes daña los acuíferos y los saliniza.
- Los NO_3^- en grandes concentraciones reducen la capacidad sanguínea de intercambiar oxígeno en la circulación de los peces lo que conlleva a una muerte por asfixia.