

Filtración biológica y ciclo de nitrógeno

Proyecto: “Using Distance Education to Enhance Aquaponic Production in Puerto Rico’s Model Forest”

Por: Patrick Reyes-Pesaresi Ph.D.

NIFA Award#:2021-70004-35095



EDPAC

Objetivos de la lección:

- Presentar los diferentes tipos de filtración para sistemas de recirculación acuícola.
- Presentar los pasos de la filtración biológica y los tipos de tratamientos.
- Explicar brevemente el proceso de nitrificación.
- Presentar cuáles son las condiciones óptimas para la filtración biológica.
- Explicar cuáles son las fuentes de amoníaco.
- Presentar la relación entre pH y la toxicidad de amoníaco.

Filtración biológica y ciclo de nitrógeno

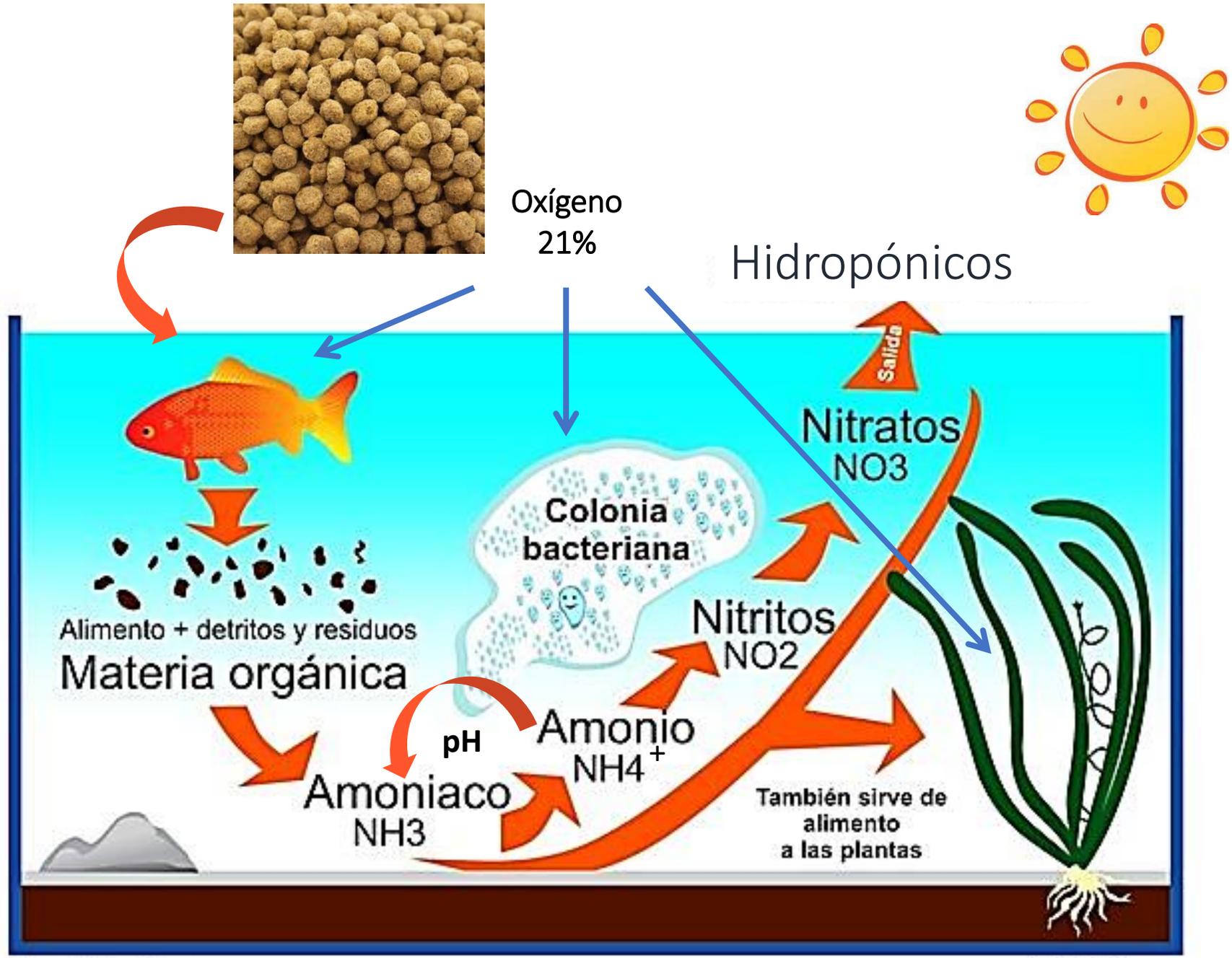
Alimento: Perdigones

¿Por qué es importante la filtración biológica?

Estamos añadiendo alimento con un 32% de proteína.

Las proteínas, ácidos nucleicos, entre otras moléculas en el alimento, contienen nitrógeno.





Tipos de filtración

Mecánica = remoción de partículas sólidas.

Química = Añadir o eliminar sustancias químicas disueltas en el agua.

Biológica = utiliza bacterias benéficas para transformar los desechos de nitrógeno a nitrato en un proceso llamado **nitrificación**.

Filtración mecánica





Filtración mecánica

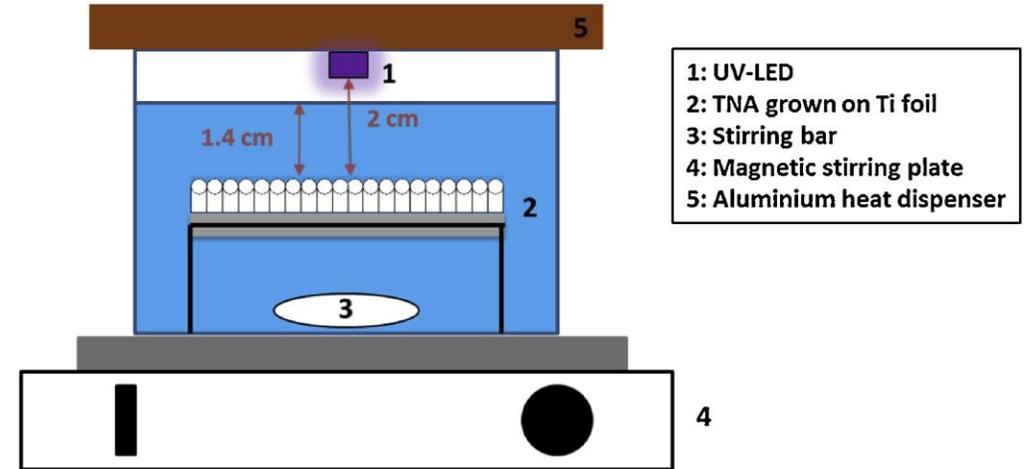
- Filtro de tambor



Filtración química

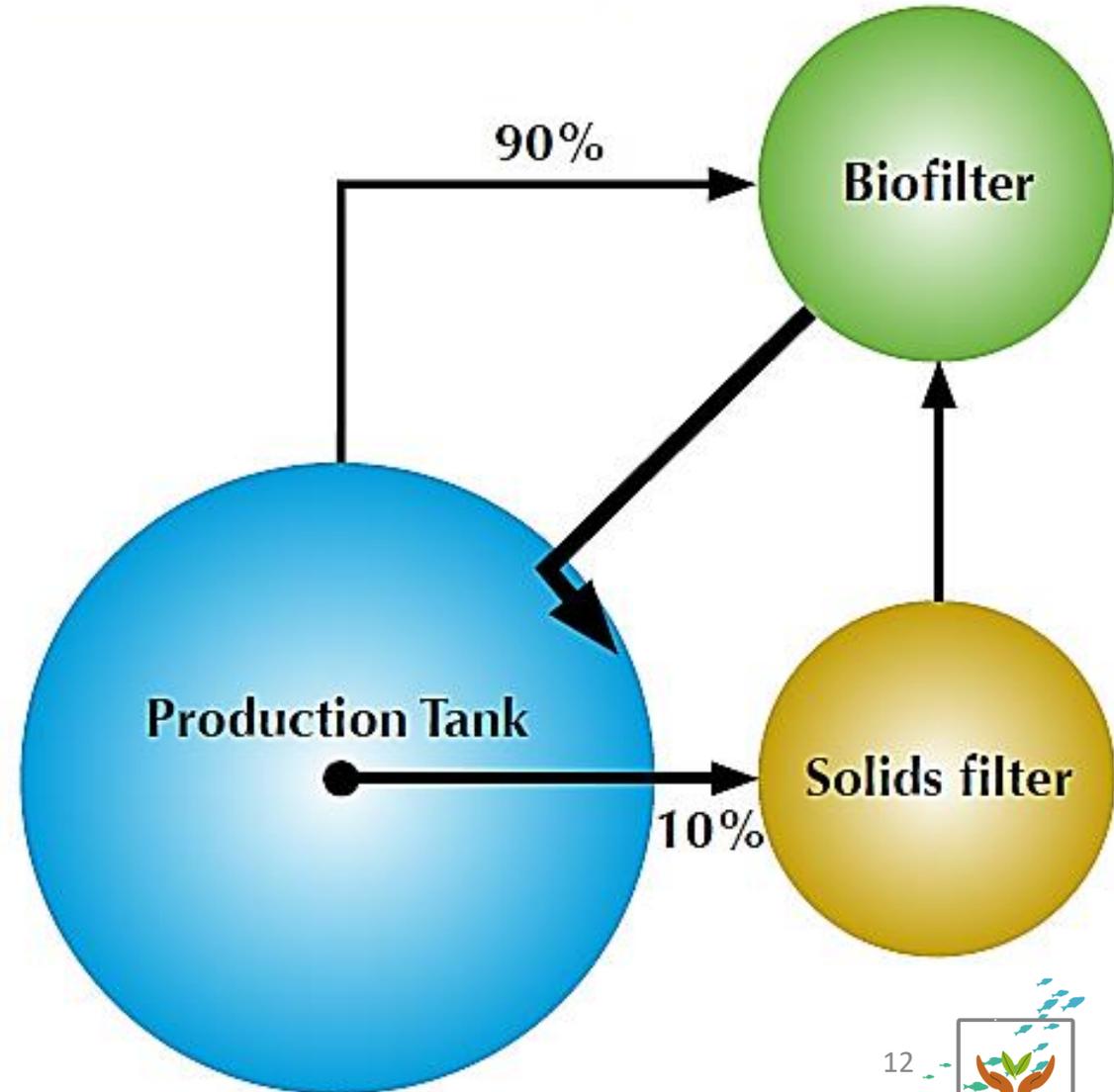
- Métodos para realizar la filtración química:
 - ozono (O_3)
 - peróxido de hidrógeno
 - permanganato de potasio
 - luz ultravioleta/óxido de titanio
 - resinas de intercambio iónico
 - carbón activado

Filtración química



Filtración biológica

- Filtración biológica en un sistema de recirculación acuícola



Biofiltro



Biofiltro



Medio Kaldnes K-1

Nuestra filtración mecánica y biológica

- Recuerden que la grava en las camas de cultivo será nuestro sistema de filtración mecánica y biológica.



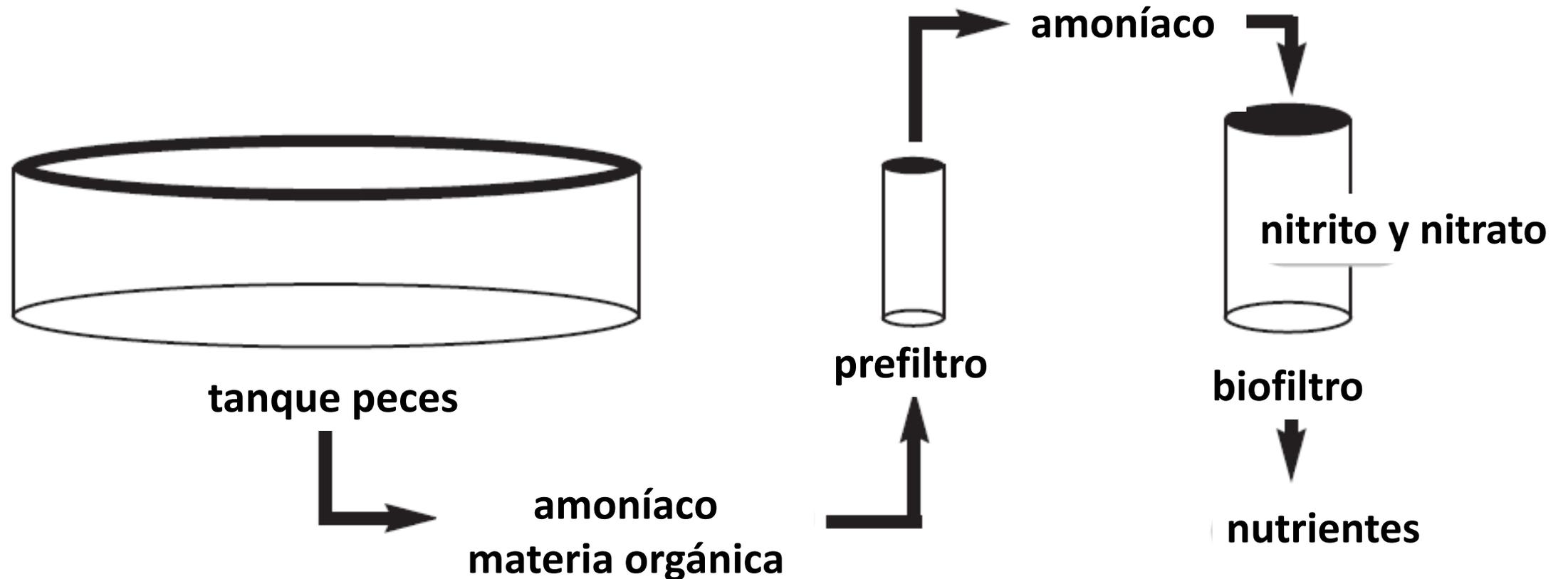
Encontramos dos tipos principales de tratamiento de agua

Desechos líquidos: Se eliminan los sólidos del agua usando un clarificador y/o filtro de sólidos (mecánicos). Las aguas libres de sólidos pueden ser usadas en sistemas de balsas flotantes, NFT y torres. Ventaja es un sistema más limpio y los desechos sólidos recuperados pueden ser utilizados como enmiendas para cultivos en tierra.

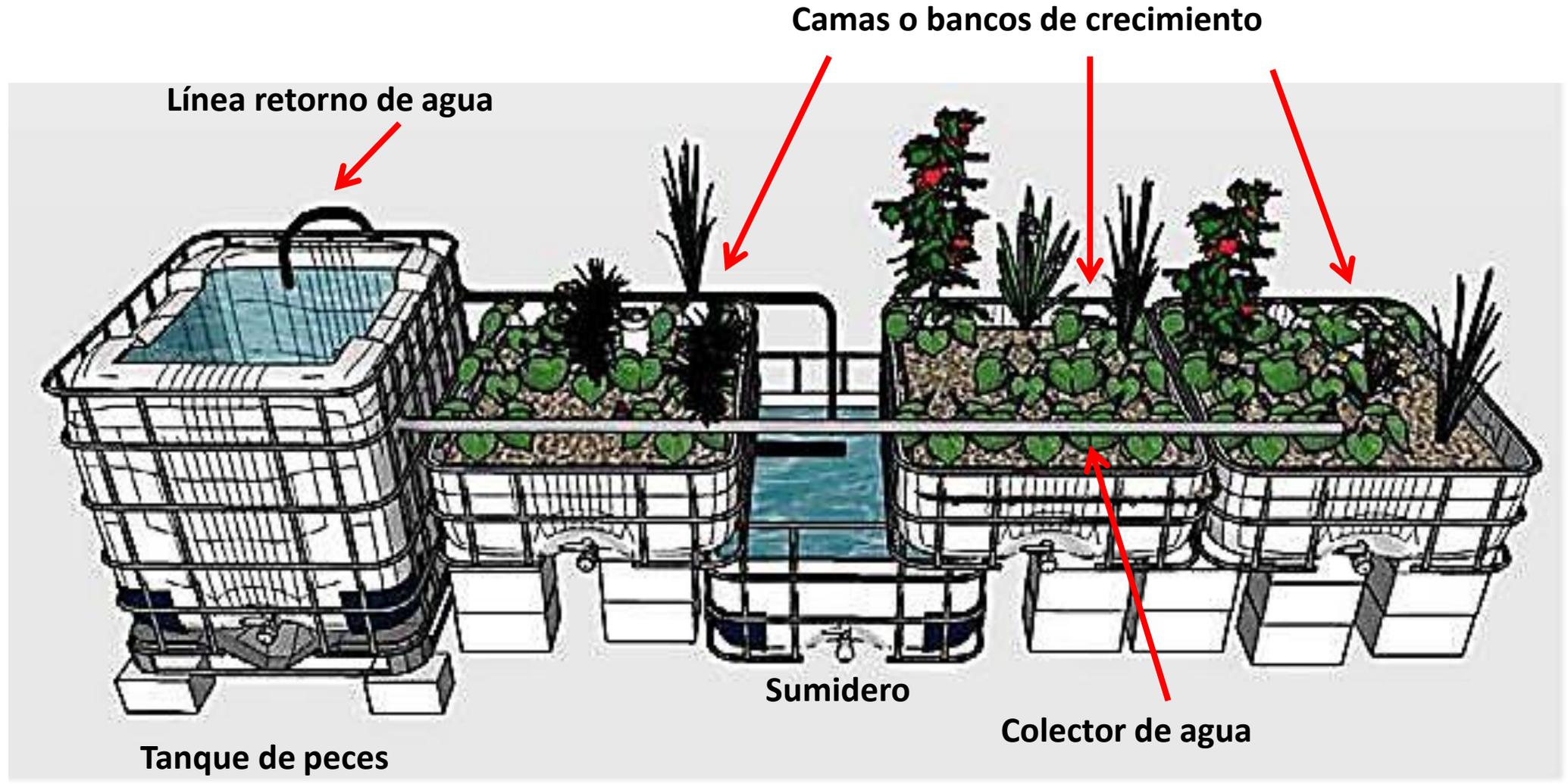
Desechos totales: Se utilizan las aguas con sus desechos sólidos que se bombean a la cama de cultivo con un medio o sustrato (grava, perlita, arena o LECA) generando pocos desechos. Ventaja elimina el proceso de filtración mecánica y no hay que desechar los sólidos generados.

Desventaja: Las biopelículas y sólidos pueden tapar la cama de cultivo y tuberías.

Proceso de nitrificación en un sistema de recirculación



Sistema FAO I de llenado y vaciado desechos totales



Filtración biológica

Es la transformación del amonio (NH_4^+) excretado por los peces a una sustancia mucho menos tóxica que es el nitrato (NO_3^-); por medio de bacterias nitrificantes (beneficiosas).

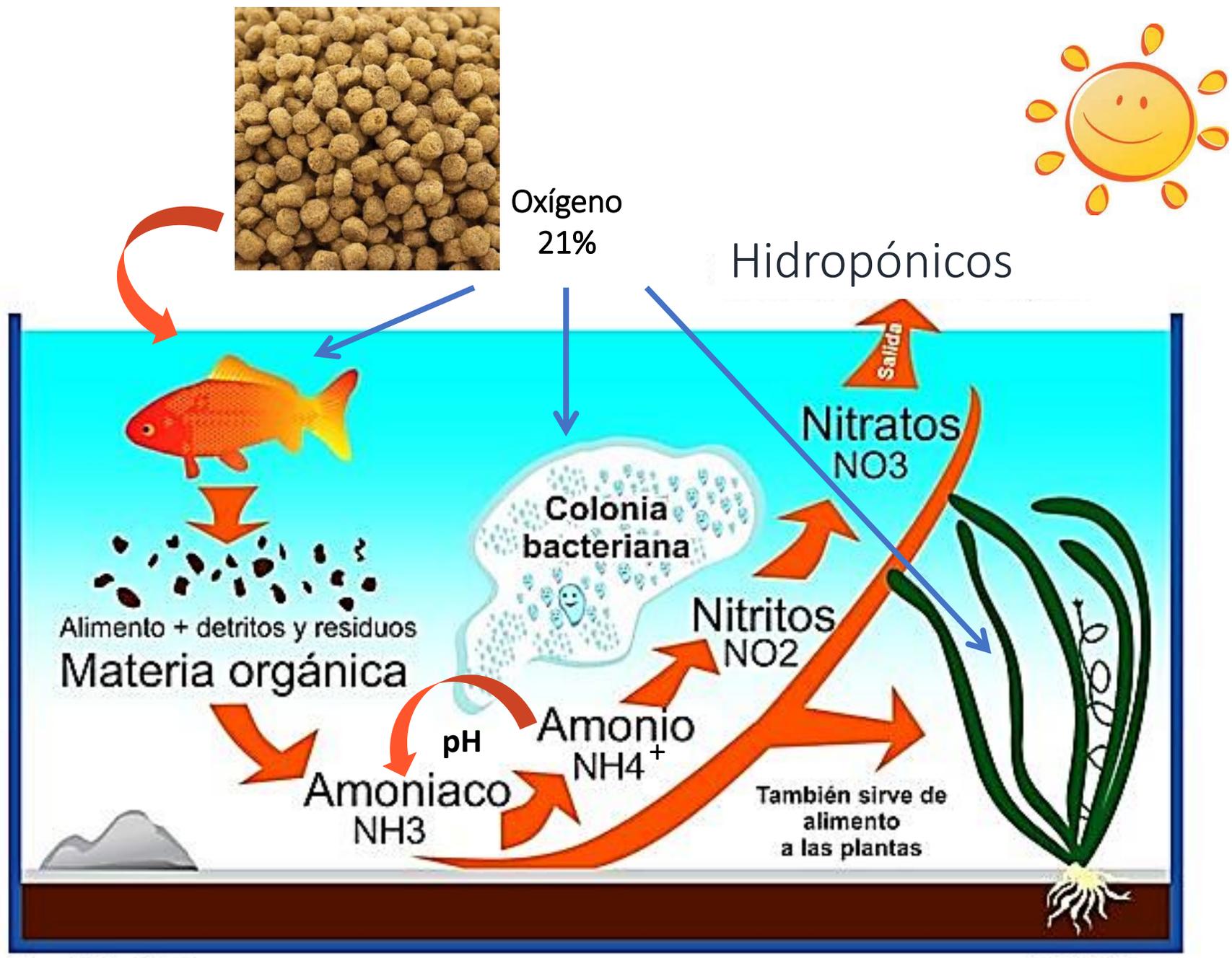
El proceso es llamado **nitrificación**.

Primer paso NH_4^+ es oxidado a NO_2^-



Luego el NO_2^- es rápidamente oxidado NO_3^-





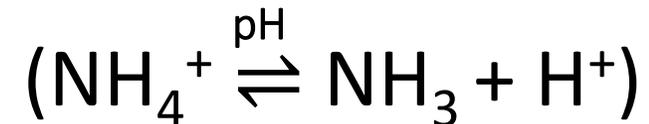
Fuentes de amoníaco (NH₃)

Excreción de peces (branquias principalmente y orina es muy poco)

Descomposición de la materia orgánica (heces fecales y alimento no consumido).

Tejido muerto (plantas, tilapias, bacterianas y otros microorganismos).

Equilibrios químicos de nitrógeno total amoniacal (TAN):

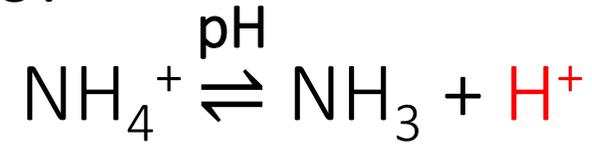


A mayor pH mayor concentración de amoníaco (muy tóxico).

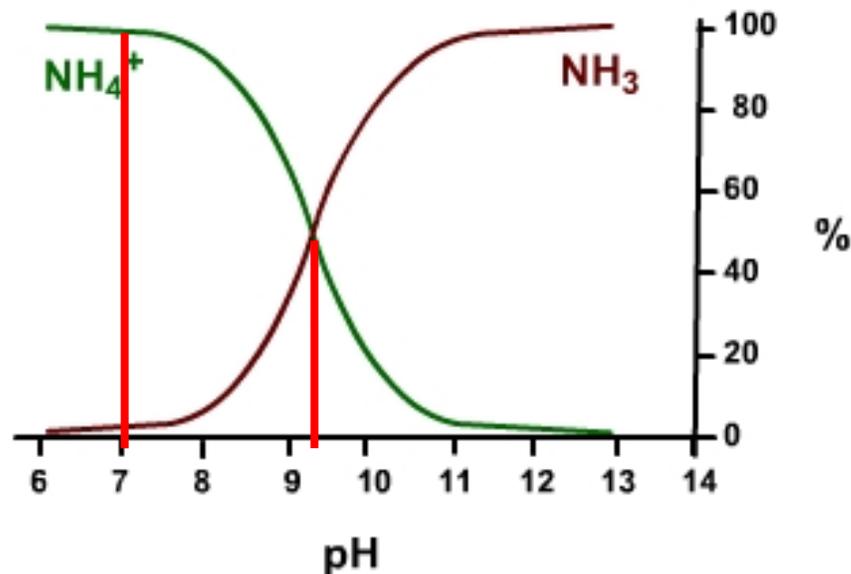


pH y equilibrio químico

Equilibrio químico:



amonio (ac) amoníaco (gas)
menos tóxico muy tóxico



Condiciones óptimas para la nitrificación

Entre 17-30 °C (63-86°F) óptima entre 25-30°C.

Proceso es inhibido < 10°C (no es problema en PR).

pH óptimo 7.5-8.0 (compromiso en acuapónico pH 7.0).

Condiciones óptimas para la nitrificación

Oxígeno disuelto: > 3.0 mg/l puede ocurrir la nitrificación.

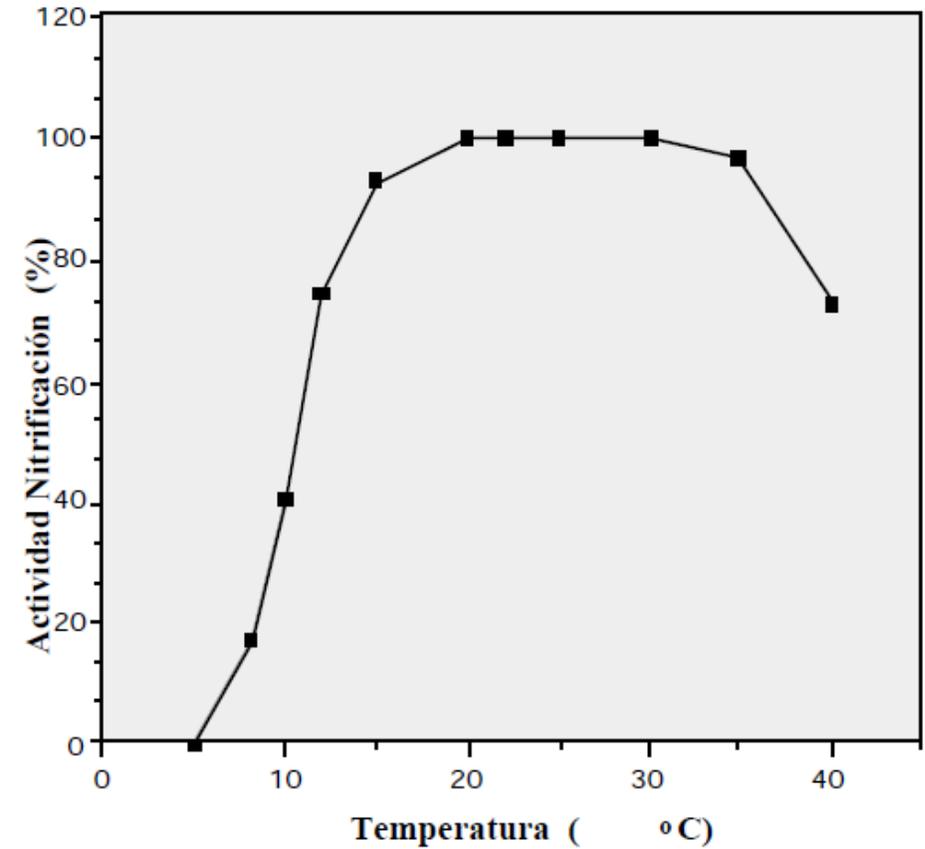
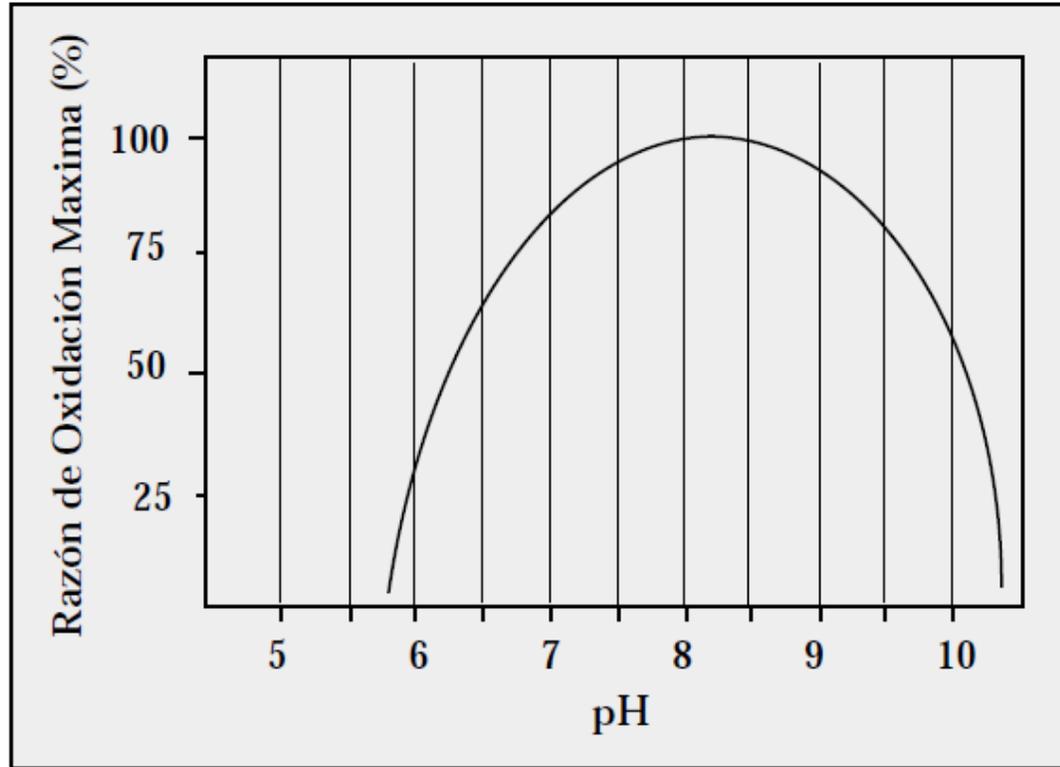
- > 5.0 mg/l sugerido para acuapónicos

- > de 7 mg/l excelente

Abundante área de superficie (sobre la grava) para el crecimiento de las biopelículas de bacterias nitrificantes.

Poca o ninguna la luz solar (luz UV muy dañina para las bacterias).

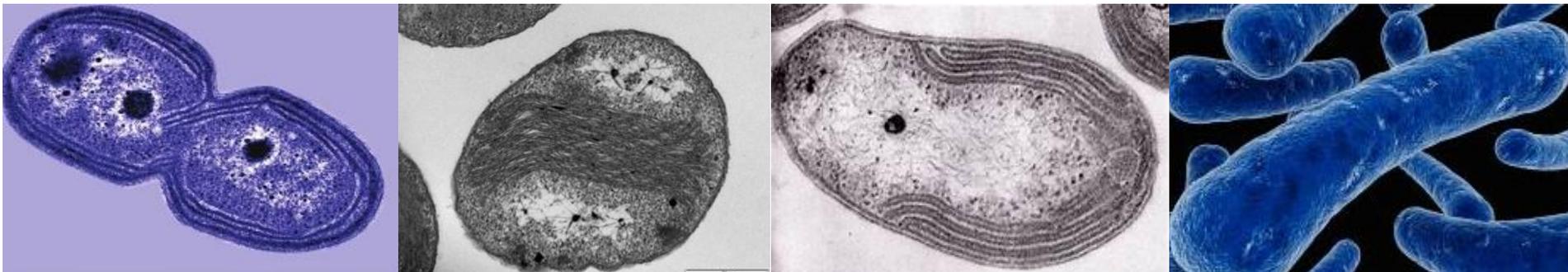
Efecto de pH y temperatura sobre la nitrificación



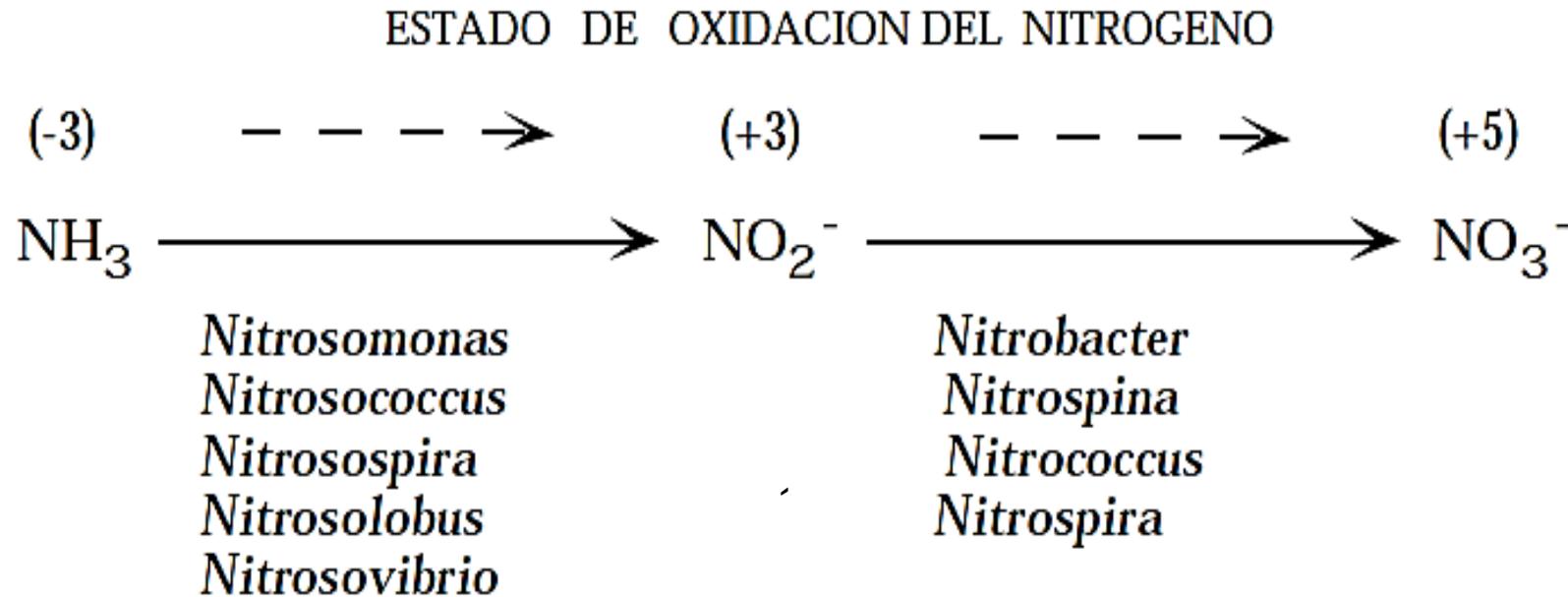
Bacterias nitrificantes

Las bacterias oxidantes de amonio obtienen su energía oxidando amoníaco (NH_3) a nitrito (NO_2^-).

Bacterias oxidantes de nitrito (NO_2^-) obtienen su energía transformando el nitrito a nitrato (NO_3^-).



Estados de oxidación de nitrógeno



La nitrificación de 1 mg de amoníaco:

Causa la pérdida de alcalinidad = 2 meq o 7.14 mg CaCO_3

Consume 4.57 g de oxígeno

Produce 5.93 g de CO_2

Nitrificación

- *bacterias nitrosomonas y nitrobacter* (las más comunes)
- consumen mucho oxígeno
- La nitrificación produce ácido nítrico (HNO₃)



El ácido nítrico poco a poco va reduciendo el pH del sistema.

Es por esto que debemos monitorearlo.

pH y toxicidad de amoníaco

- Basado en datos, el valor máximo de pH posible debe prevenir la acumulación de amoníaco en el sistema.
- Así que el valor de pH ideal está entre 6.8 y 7.0 y es un compromiso entre actividad efectiva de las bacterias nitrificantes, mantener niveles bajo de amoníaco, tolerancia de los peces y disponibilidad de nutrientes para las plantas*.

Efecto de las plantas sobre el pH

La absorción de nitrato por las raíces eleva el pH (liberación de bicarbonato) para poder realizar el proceso de intercambio iónico (Kaiser et al., 2011).

Pero el ácido nítrico producido por la nitrificación tiene un impacto mucho mayor (reduciéndolo) que el aumento de pH causado por las raíces de las plantas.

Las plantas no son efectivas contrarrestando la producción de ácido nítrico por la nitrificación.

¿Cómo podemos controlar del pH?

- Para mantener el pH en un rango aceptable en el acuapónico podemos utilizar algunas sustancias químicas básicas como:
 - KOH (hidróxido de potasio)
 - CaO (óxido de calcio) = cal
 - Ca(OH)₂ (hidróxido de calcio)
-
- Estas sustancias además de neutralizar el ácido nítrico que se produce en la nitrificación aportan nutrientes (calcio y potasio) para el crecimiento de las plantas.

Cuidado con el manejo del pH

- Debemos tener cuidado al añadir bases (KOH, CaO o CaOH) al sistema debido a que una gran cantidad de base en una sola porción cambiaría la mayoría del nitrógeno amoniacal total a su forma tóxica (NH_3) y podría causar la muerte de todos los peces.
- Recuerden que el NH_3 es muy tóxico y existe un equilibrio químico con el ion amonio.
- Por lo tanto, se recomienda añadir base poco a poco durante un período prolongado de varios días.

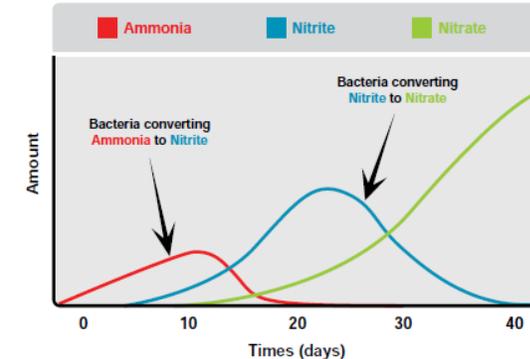
Procesos que influyen en la nitrificación

- Carga orgánica: cantidad de materia orgánica en el sistema (sólida y/o disuelta)
- Concentración de oxígeno en el biofiltro
- La concentración de NTA mg/l (nitrógeno total amoniacal)
- La temperatura
- El pH
- La alcalinidad
- La historia previa de la biopelícula bacteriana

Proceso para establecer la nitrificación (ciclado)

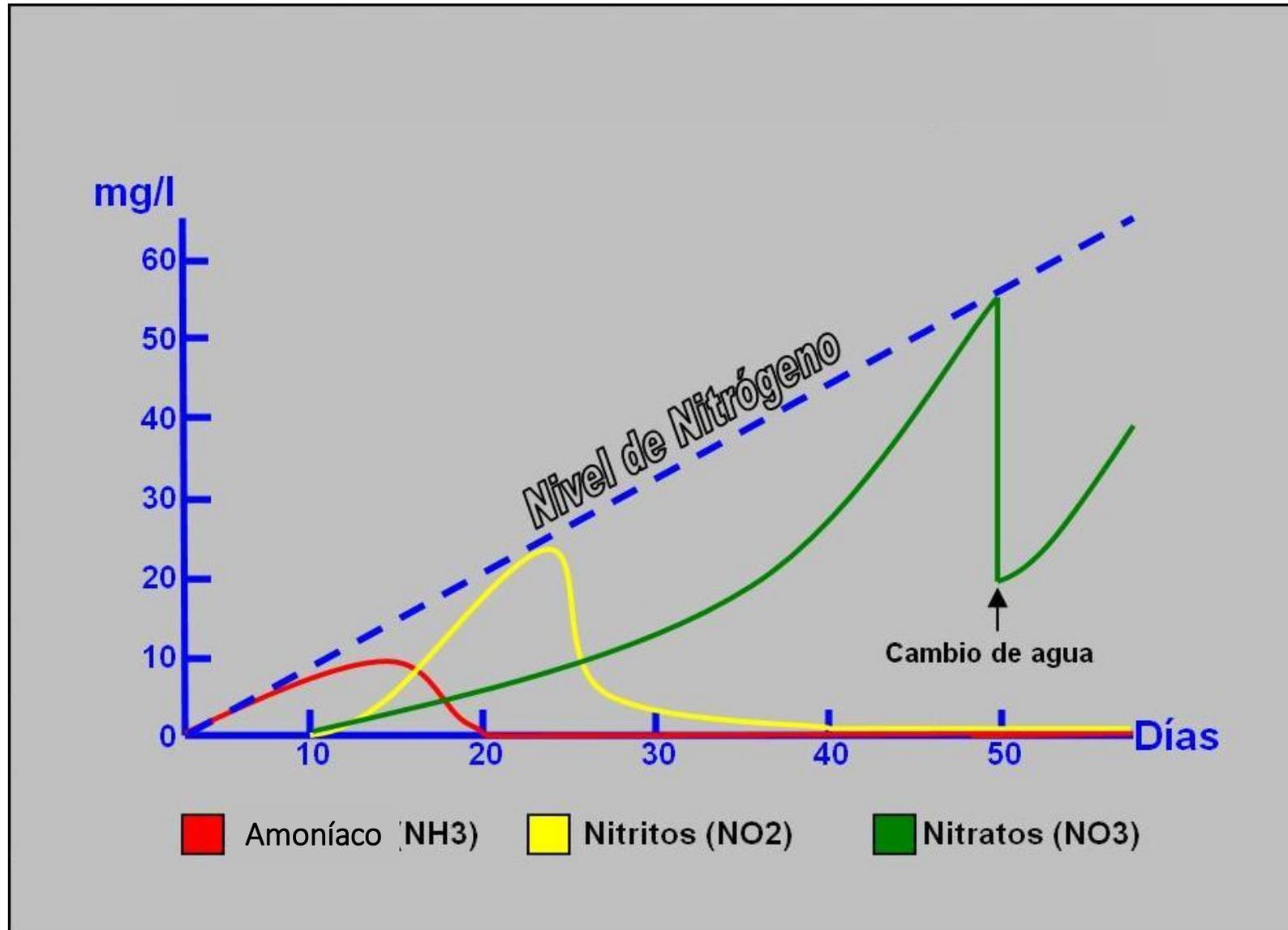
- El proceso para establecer las bacterias nitrificantes en el biofiltro se conoce como el proceso de ciclado y requiere de una fuente de amoníaco (alimento), para el establecimiento de biopelículas bacterianas y de tiempo, pH adecuado, temperaturas etc.

- El ciclado puede tomar entre 1-2 meses.



- **¿Cómo iniciamos el ciclado en un acuapónico nuevo?**

Diagrama del proceso de ciclado y cambio de agua



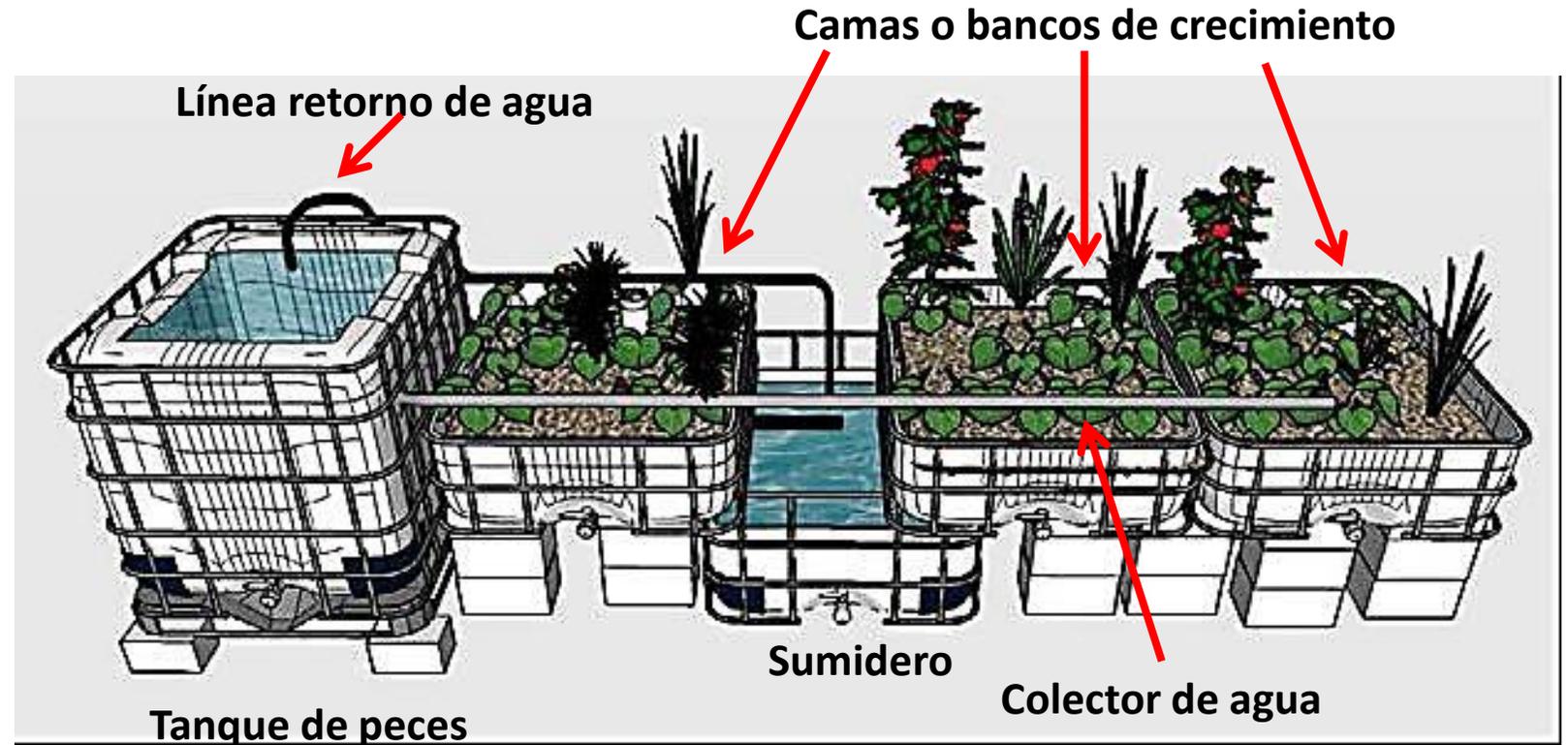
Características del biofiltro

Para un buen funcionamiento el biofiltro debe tener:

- Mucha área de superficie para el crecimiento bacteriano
- Alta concentración de oxígeno disuelto
- Flujo uniforme de agua a través del filtro
- Espacio suficiente para evitar obstrucciones de flujo de agua por las biopelículas bacterianas
- Diseño adecuado para asegurar la transformación del amoníaco a nitratos (Timmons y Ebeling et al., 2007)

Sistema de llenado y vaciado

- En nuestro caso la grava en las camas de cultivo tiene la suficiente área de superficie como para transformar los desechos de 10 veces la densidad de peces que estaremos cultivando. (Somerville et al., 2014)



Referencias

- Kaiser, D.E.; Lamb, J.A.; Bloom, P.R. 2011 *Managing Iron Deficiency Chlorosis in Soybean*; Regents of the University of Minnesota: Saint Paul, MN, USA,.
- Timmons, M.B. and Ebeling, J.M. (2007) Recirculating aquaculture. Northeastern Regional Aquaculture Center (NRAC) Publication #01-007, Michigan State University, Lansing.Pp 482.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. & Lovatelli, A. 2014. *Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, FAO. 262 pp.