CENAIM INFORMA

Boletín Informativo No 112 15 de Septiembre del 2004

Por Stanislaus Sonnenholzner, Ph.D.

Determinación de tasas de nitrificación en Biofiltros

Los sistemas intensivos de acuacultura con reuso y recirculación del agua requieren de mecanismos físicos y biológicos para la remoción de los productos metabólicos originados por el ecosistema. Uno de los principales componentes del sistema de tratamiento lo constituyen los filtros biológicos. La principal función de estos biofiltros es la de remover el nitrogeno amoniacal vía nitrificación por acción de bacterias nitrificantes. El producto final de la nitrificación es el nitrato ($NO_3^=$), el cual no es considerado tóxico para organismos acuáticos de cultivo. Los biofiltros por lo general necesitan ser activados mediante la adición de bacterias nitrificantes y amonio. El tiempo de maduración (tasa de nitrificación) del biofiltro es variable dependiendo de varios factores, entre estos: tipo de sustrato para adherencia de bacterias, concentración de amonio, presencia de bacterias nitrificantes, tasas de crecimiento de las bacterias, niveles de oxígeno, pH, entre otros. El proceso de nitrificación puede ser descrito mediante una curva sigmoidal, caraterizada por una fase de iniciación, una fase de máxima tasa de nitrificación y una fase de final. En este trabajo presentamos un grupo de ecuaciones para estimar las fases del proceso de nitrificación arriba anotadas.

Metodología

En los laboratorios del CENAIM se condujeron varios bioensayos para determinar tiempos de maduración de biofiltros con varios sustratos al ser inoculados con un producto comercial de bacterias nitrificantes (ABIL Aqua Avecom Belgium) 400ul L^{-1}. Se presenta como ejemplo unicamente la metodología de un bioensayo. Tres tanques de polietileno de 50 L de capacidad conteniendo 30 L de agua de mar filtrado y 873 mL de sustrato fueron fertilizados con cloruro de amonio para alcanzar una concentración inicial de amonio total de 40 mg L^{-1}. Se agregó la bacteria nitrificante y se monitoreó a partir del día cero hasta el décimo día las concentraciones de amonio, nitrito y nitrato del sistema. Los biofiltros fueron cubiertos con platico negro para reducir la foto-inhibición de bacterias y aireados continuamente para suplir la demanda de oxígeno del proceso.

La acumulación de nitrato (N) en el tiempo (t) resultantes de la nitrificación pueden ser descritos cuantitativamente por medio de la ecuación de Verhulst. La duración y terminación aproximada de la máxima tasa de nitrificación, así como el tiempo de iniciación de la nitrificación fueron derivadas de la ecuación de Verhulst.

Ecuaciones

La ecuación de Verhulst dN/dt = kN(a-N) luego de ser integrada es la siguiente:

$$N = \frac{a}{\left\{1 + \left[\left(\frac{a}{N_0}\right) - 1\right]\exp\left[-ak(t - t_0)\right]\right\}}$$

donde N_0 y t_o son los valores iniciales de N y t, respectivamente; a es la asíntota de N y k es una constante.

La máxima tasa de nitrificación (K_m) se obtiene con:

$$K_m = \frac{ka^2}{4}$$

El tiempo de iniciación (T_i) se obtiene con:

$$T_i = \left(\frac{1}{ak}\right)\ln\left[\left(\frac{a}{N_0}\right) - 1\right] - \frac{\left(N_0 - \frac{a}{2}\right)}{K_m}$$

El tiempo de terminación (T_f) se obtiene con:

$$T_f = \left(\frac{1}{ak}\right)\ln\left[\left(\frac{a}{N_0}\right) - 1\right] + \frac{\left(\frac{a}{2} - N_0\right)}{K_m}$$

Resultados

La concentración de N-nitrato en tiempo producto de la nitrificación de amonio en el biofiltro se presenta en la figura 1. La curva de ajuste a las concentraciones de N-nitrato utilizando la ecuación de Verhulst se presenta en el mismo gráfico. El valor de los parámetros del ajuste no lineal de la curva para este set particular de datos fue: a = 41.70 mg L^{-1} (asíntota); N_0 = 0.827 mg L^{-1} (valor inicial de N-Nitrato en tiempo 0); y k = 0.0192. La inoculación de la bacteria nitrificante aceleró la nitrificación de amonio en el sistema alcanzando una tasa máxima de nitrificación de 8.35 mg N L^{-1} $día^{-1}$ (punto de inflexión de curva) al quinto (4.8) día aproximadamente del inicio del ensayo. El tiempo de incio y finalización correspondiente a la producción de nitrato fue 2.5 días y 7.3 días respectivamente.

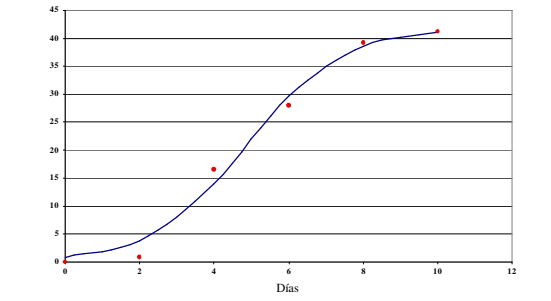

Figura 1. Concentración de N-Nitrato en tiempo y curva de ajuste de un filtro biológico inoculado con cloruro de amonio (40 mg L-1) y bacteria nitrificante (ABIL Aqua Avecom Belgium).

Nota

Este trabajo de investigación fue realizado por Danny Arcos para su tesis de pregrado.