

Grupo de Investigación en Tratamiento Biológico
y Valorización de Efluentes Líquidos y Gaseosos

ENOCOV

Avanzando hacia una EDAR urbana autosostenible energéticamente

Dr. Julián Carrera Muyo

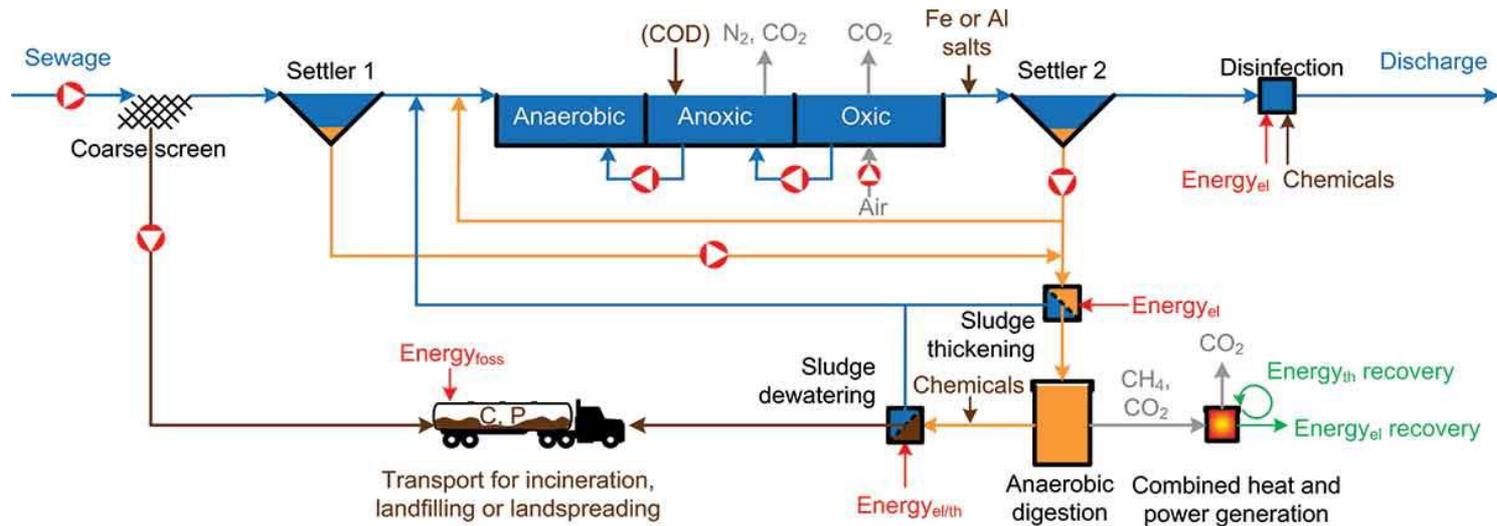
Departamento de Ingeniería Química, Biológica y Ambiental

Universitat Autònoma de Barcelona

EDAR AUTOSOSTENIBLE ENERGÉTICAMENTE

¿CUÁL ES LA CONFIGURACIÓN MÁS EFICIENTE EN LA ACTUALIDAD PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS?

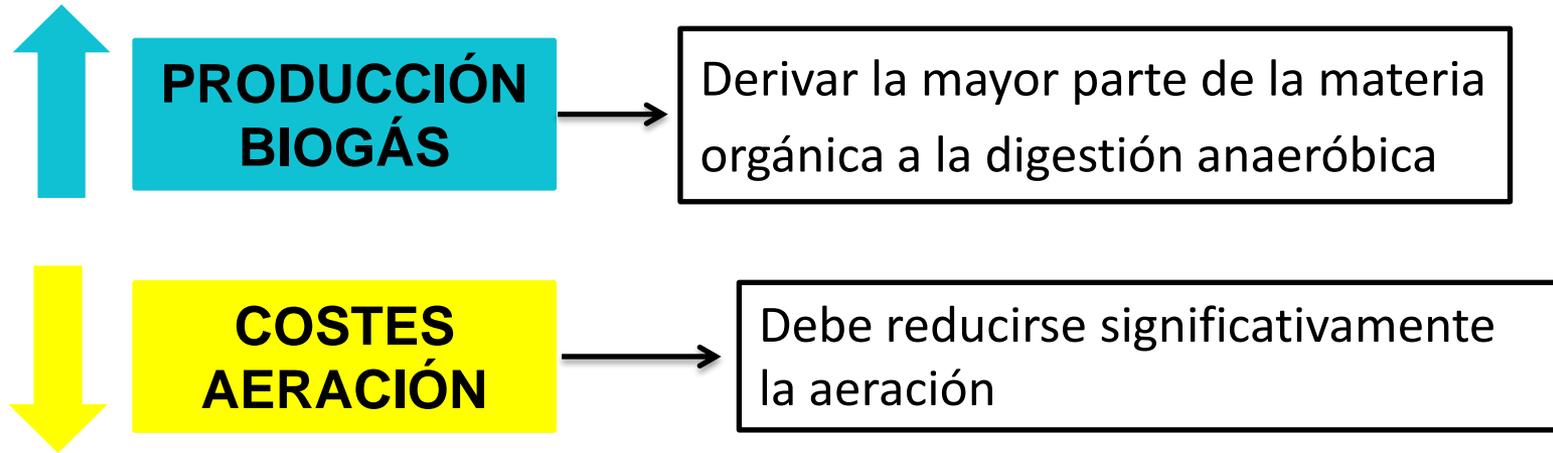
- Proceso de lodos activos incorporando la **eliminación biológica de nutrientes** mediante nitrificación/desnitrificación y **eliminación de fósforo**.
- Añadiendo el **tratamiento específico del agua de rechazo** de la digestión anaeróbica de fangos mediante **eliminación autotrófica de nitrógeno (anammox)**.



¿CUÁL ES LA CONFIGURACIÓN MÁS EFICIENTE EN LA ACTUALIDAD PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS?

- Ese sistema, en el mejor de los casos, aún **consume 8 kWh/heq/año**. Sistemas menos avanzados pueden consumir de media hasta 16 kWh/heq/año.
- La **única recuperación energética** se produce a través de la **producción de biogás** con el exceso de lodos (primarios y secundarios). No obstante, en el **mejor de los casos**, se podría recuperar el **50% del consumo**.
- La razón es que se debe **emplear gran parte de la materia orgánica** del agua en la **desnitrificación**.

¿CÓMO SE PUEDE CONSEGUIR UNA DEPURADORA PRODUCTORA NETA DE ENERGÍA?

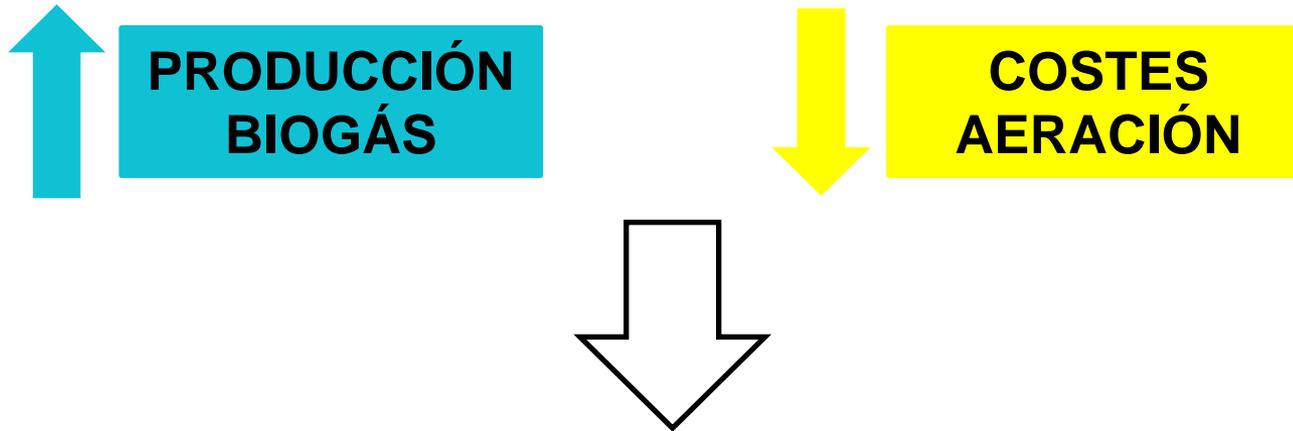


IMPLICACIONES:

- No habrá materia orgánica para la desnitrificación.
- Se necesita un proceso con menos requerimientos de oxígeno

¿CÓMO SE PUEDE CONSEGUIR UNA DEPURADORA PRODUCTORA NETA DE ENERGÍA?

Si se necesita:



Implementando **la eliminación biológica autótrofa de nitrógeno** en la línea principal de aguas de la depuradora

Producción neta de energía: 1-9 kWh/heq/año

¿CÓMO SE PUEDE IMPLEMENTAR LA ELIMINACIÓN AUTÓTROFA DE NITRÓGENO EN LA LÍNEA PRINCIPAL DE AGUAS?

- Obviamente, pasa por conseguir la **oxidación parcial** de la mitad de **amonio** hasta nitrito y la posterior etapa **anammox**.
- El problema es que **debe conseguirse** durante todo el año, es decir, también a **bajas temperaturas** en una parte importante de los países del mundo. En Europa, por ejemplo, supone que el sistema sea robusto y funcione **entre 10-15 °C**.
- Lo más sencillo sería utilizar los **sistemas industriales** que ya se utilizan en el tratamiento del agua de rechazo. Estos sistemas son todos de **una etapa (one-stage)**.
- Otra opción es utilizar un **sistema de dos etapas (two-stage)**.

¿CÓMO SE PUEDE IMPLEMENTAR LA ELIMINACIÓN AUTÓTROFA DE NITRÓGENO EN LA LÍNEA PRINCIPAL DE AGUAS?

SISTEMAS ONE-STAGE

Un único reactor aerobio operado con bajas concentraciones de DO
Tecnologías: CANON, DEMON, ANITA Mox

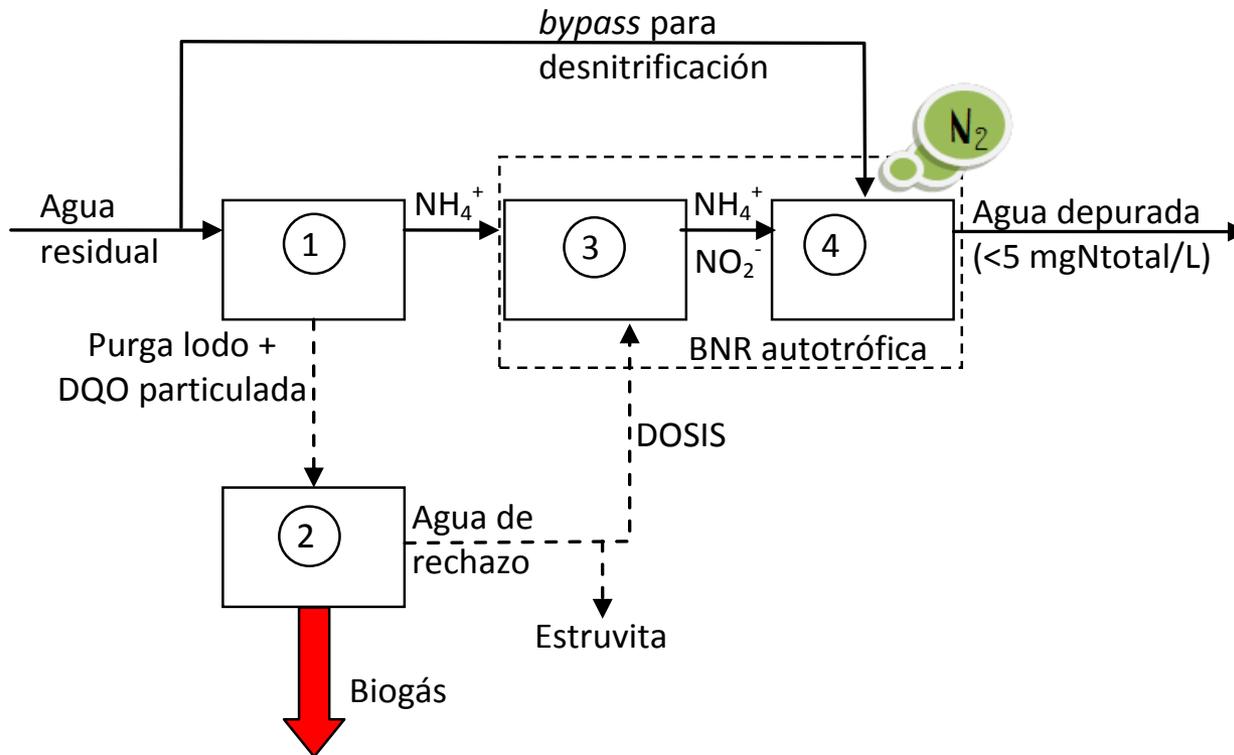
Menores costes que los sistemas two-stage
Con frecuencia hay crecimiento NOB a bajas temperaturas
Bajas velocidades de conversión del amonio (<0.05 g N/L/d)

SISTEMAS TWO-STAGE

Dos reactores diferenciados: un reactor para la PN y otro para AMX

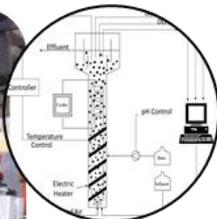
Nitrificación parcial estable a baja temperatura con eliminación de NOB
Anammox siempre en condiciones anóxicas y protegido contra la llegada de DQO
Mayores velocidades de conversión que en los sistemas one-stage
Mayores costes que los sistemas one-stage

LA OPCIÓN DE UN SISTEMA DE DOS ETAPAS

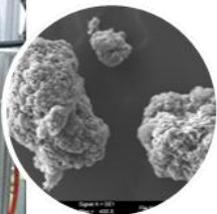


- 1) Etapa de eliminación de materia orgánica (Lodos activos de alta carga) o EBPR con bajo tiempo de residencia celular
- 2) Digestor anaerobio de lodos
- 3) Reactor granular de nitrificación parcial
- 4) Reactor UASB anammox

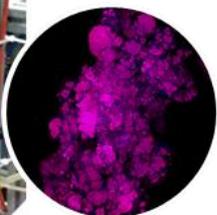
ELIMINACIÓN AUTOTRÓFICA DE NITRÓGENO



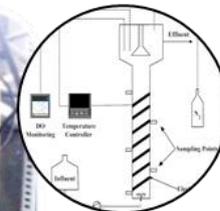
Airlift reactor
 $V = 5.2 \text{ L}$



Granules
characteristics



FISH and
pyrosequencing
analysis



UASB reactor
 $V = 2 \text{ L}$



Granules
characteristics



FISH analysis

NITRITACIÓN PARCIAL



Nitrificación parcial



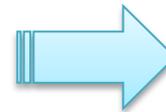
AOB

~~NOB~~

ESTRATEGIA [DO]/[N-NH₄⁺]

Estrictas condiciones
de limitación por
oxígeno

Alta concentración
residual de amonio



Maximiza la
actividad AOB y
reprime de forma
efectiva la
actividad NOB

NITRITACIÓN PARCIAL



Nitrificación parcial

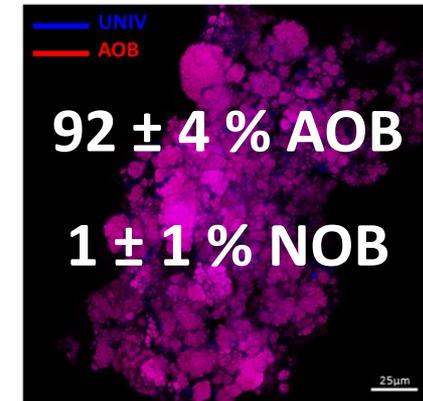
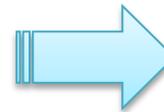


AOB

~~NOB~~

ESTRATEGIA [DO]/[N-NH₄⁺]

Maximiza la actividad AOB y reprime de forma efectiva la actividad NOB



NITRITACIÓN PARCIAL



Nitritación parcial

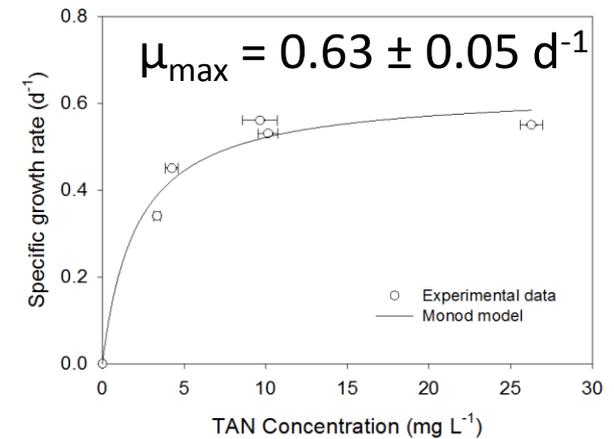
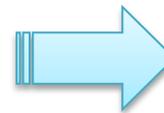


AOB

~~NOB~~

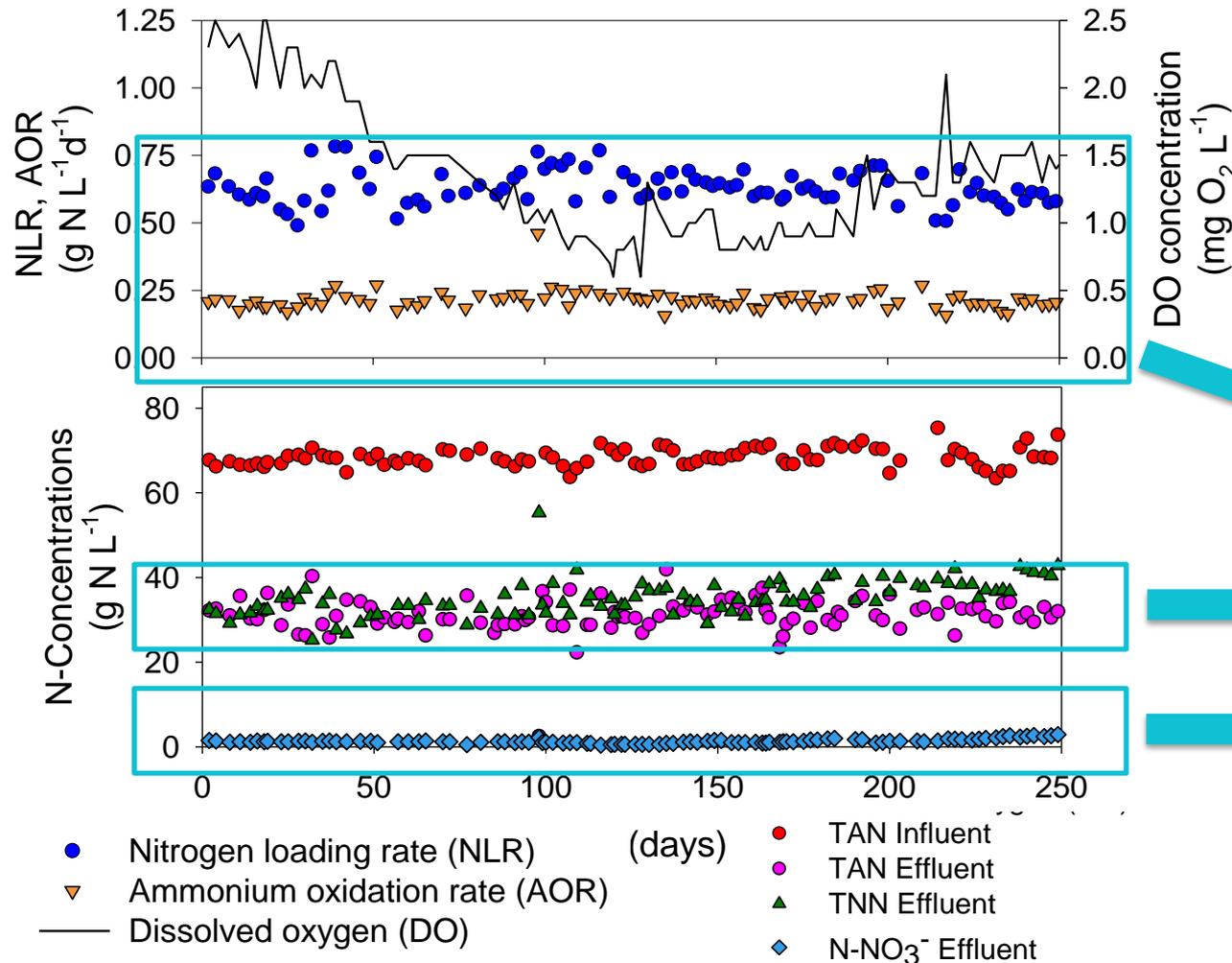
ESTRATEGIA [DO]/[N-NH₄⁺]

Maximiza la actividad AOB y reprime de forma efectiva la actividad NOB



NITRITACIÓN PARCIAL

OPERACIÓN A LARGO PLAZO DEL REACTOR NITRIFICANTE A BAJA TEMPERATURA



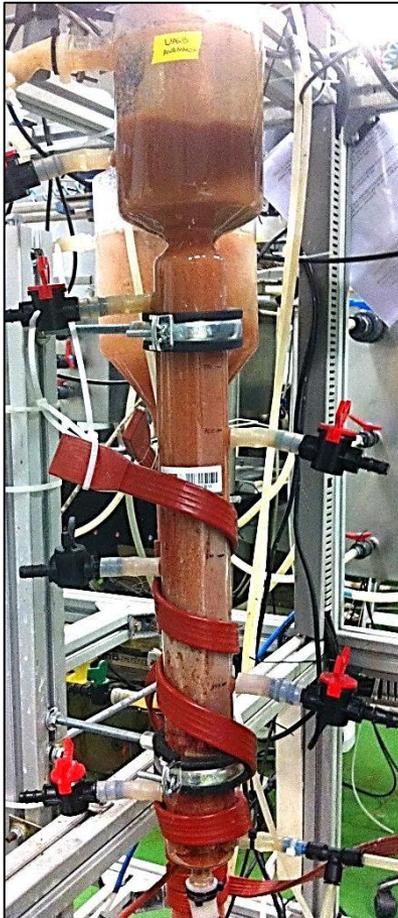
Nitrificación parcial estable a 10 °C

NLR = 0.63 ± 0.06 g N/L/d
AOR = 0.34 ± 0.06 g N/L/d

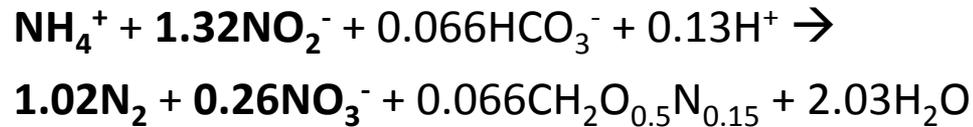
Válido para anammox

Eficiente represión de los NOB

N-NO₃⁻ = 0.6 ± 0.3 mg N/L



Proceso Anammox



UTILIZAR UN UASB: UAnSB

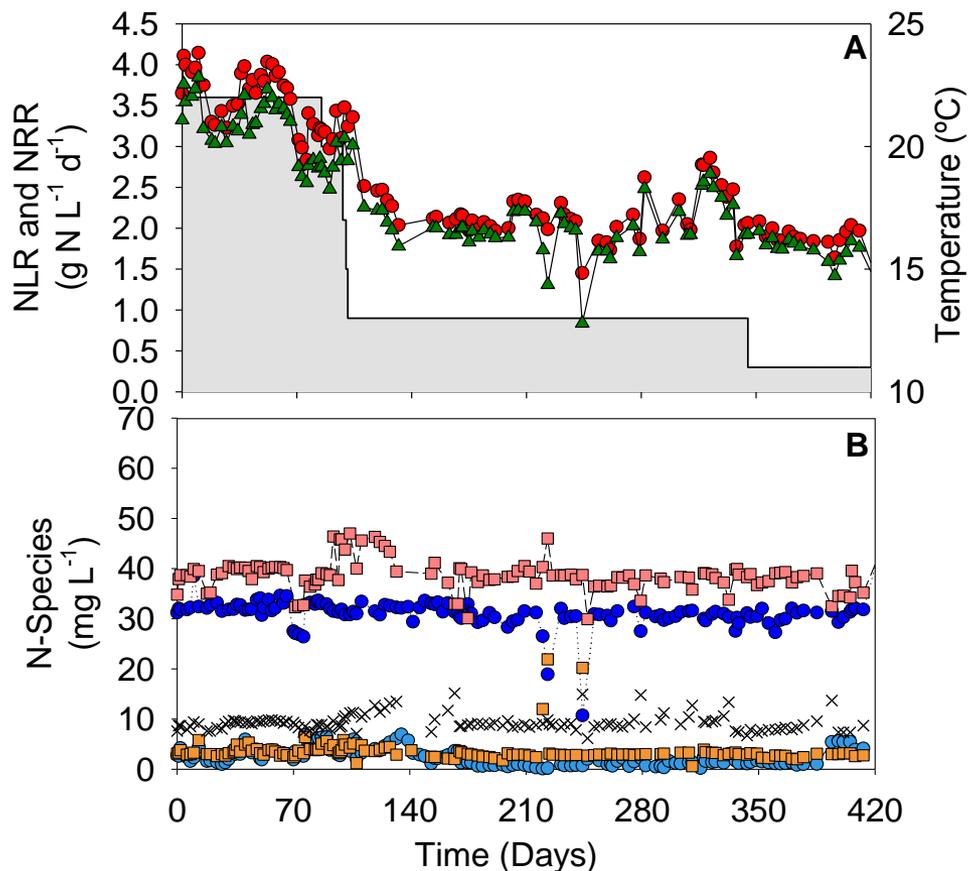
Reactores simples y
baratos de operar

Desarrollo de
sobrecapacidad



Permite
mantener una
gran capacidad
anammox a bajas
temperaturas

OPERACIÓN A LARGO PLAZO DEL REACTOR ANAMMOX A BAJA TEMPERATURA

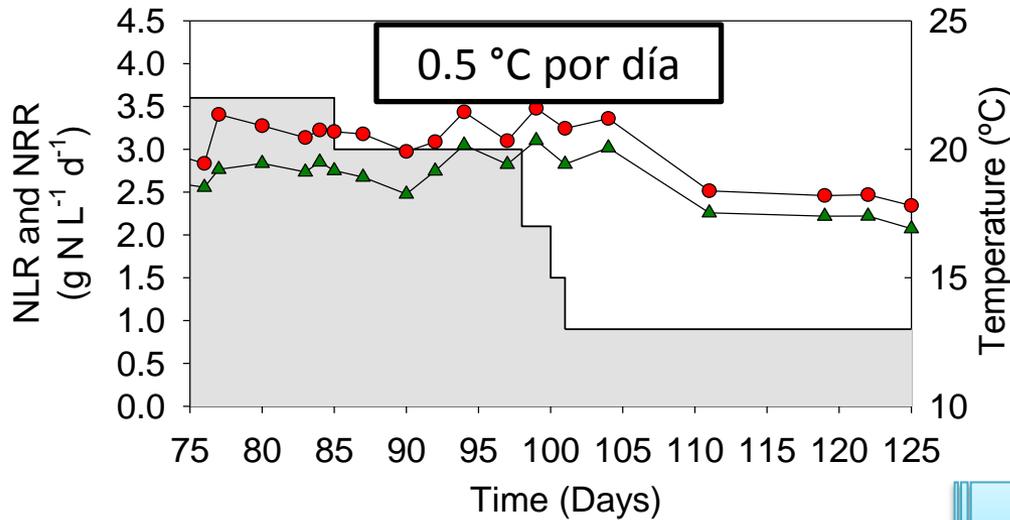


**Operación
anammox estable
11 ° C**

T (°C)	NRR (g N L ⁻¹ d ⁻¹)	Long-term
13	2.0 ± 0.3	8 months
11	1.8 ± 0.1	3 months

- T
- NLR
- NRR
- Ammonium influent (mg L⁻¹)
- Nitrite influent (mg L⁻¹)
- Ammonium effluent (mg L⁻¹)
- Nitrite effluent (mg L⁻¹)
- Nitrate effluent (mg L⁻¹)

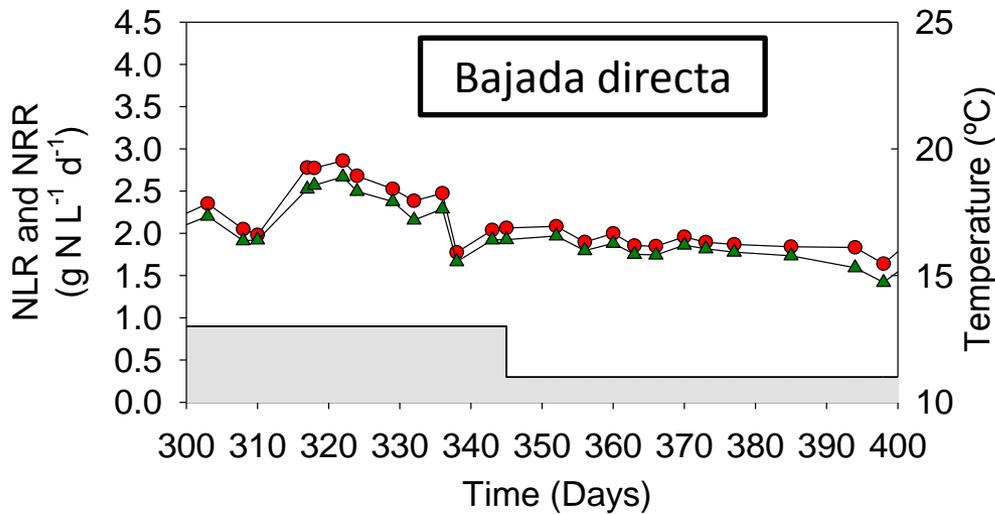
ANAMMOX



Cambio de temperatura del agua en climas templados

0.5 °C por semana

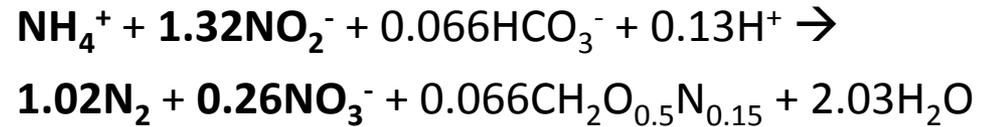
El descenso de temperatura no afecta de forma inmediata al proceso



T
● NLR
▲ NRR



Proceso Anammox



POBLACIÓN ANAMMOX EN EL UAnSB

38 ± 5% Ca. *Brocadia anammoxidans*

15 ± 2% Ca. *Brocadia fulgida*

4 ± 1% Ca. *Kuenenia suttgartiensis*

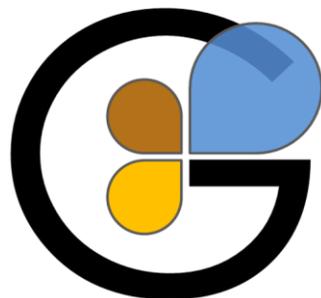
10 ± 4% Ca. *Anammoxoglobus propionicus*

¿DÓNDE ESTAMOS?

- Se ha demostrado que la nitrificación parcial funciona de forma estable y a largo plazo incluso a bajas temperaturas en un reactor granular aerobio en continuo.
- Se ha demostrado que el proceso anammox funciona de forma estable y a largo plazo incluso a bajas temperaturas en un reactor granular aerobio en continuo.
- Se ha demostrado que el reactor de nitrificación parcial emite N_2O y que esta emisión es menor cuanto menor es la temperatura.
- Se ha demostrado que se puede conseguir la EBPR a bajo TRC aunque, de momento, en SBR y a 20 °C.

¿QUÉ NOS FALTA?

- Un mayor conocimiento de la etapa de puesta en marcha del reactor de nitrificación parcial (granulación y represión de la actividad NOB) que se traduzca en un procedimiento válido para ser replicado a escala industrial.
- Una etapa de reducción del nitrato formado en el reactor anammox.
- Desarrollar estrategias de mitigación de las emisiones de N_2O .
- Conseguir la EBPR estable a bajo TRC, baja temperatura y en continuo.
- Estudiar la posibilidad de substituir la etapa de eliminación de materia orgánica por un proceso bioelectroquímico de producción de hidrógeno



Grupo de Investigación en Tratamiento Biológico
y Valorización de Efluentes Líquidos y Gaseosos

ENOCOV

Avanzando hacia una EDAR urbana autosostenible energéticamente

Dr. Julián Carrera Muyo

Departamento de Ingeniería Química, Biológica y Ambiental

Universitat Autònoma de Barcelona