



BIOTECNOLOGÍA DE PROCESOS PARA EL AMBIENTE

Departamento de Ingeniería de Reactores
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República

Julio Herrera y Reissig 565, Montevideo, Uruguay
Tel: 2711 08 71 (ext 111) – Fax: 2710 74 37
Contacto: Dra Liliana Borzacconi (e mail: lilianab@fing.edu.uy)

TRATAMIENTO DE EFLUENTE DE MALTERÍA UASB A ESCALA REAL

Quinta etapa: puesta en marcha

L. Borzacconi, Iván López Moredo, Mauricio Passoggi "Start up and steady state results of a full scale UASB reactor treating malting wastewater" *Water Science and Technology*, n. 54 2, p. 261 - 268, 2006

Estrategia de arranque

- Procurar el mejor inóculo posible (pruebas de Actividad Metanogénica), lo más cerca posible.
- Aumento paulatino de la carga.
- Recirculación al comienzo para lograr velocidad ascensional mayor
- Rutina de control
- Seguimiento de la manta de lodos

Selección del inóculo

- El inóculo fue seleccionado teniendo en cuenta la presencia de plantas de tratamiento de efluentes agroindustriales cerca de la maltería.
- Finalmente se optó por una laguna anaeróbica que trata efluente de frigorífico, a pesar de los inconvenientes que se podrían generar con la presencia de grasa.

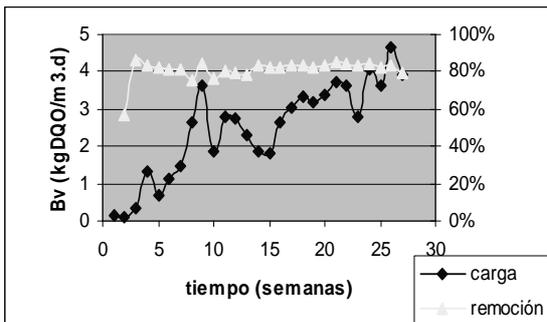
Características del inóculo

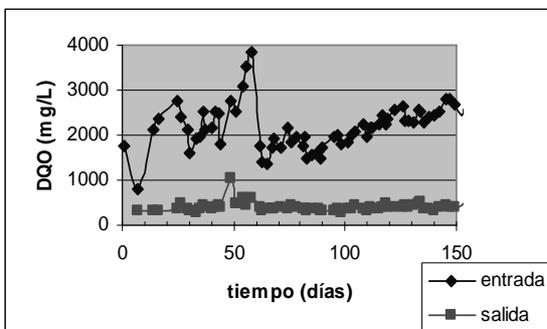
- Se usaron 3900 kg de SST con un contenido medio de 77% SSV (3000 kg); la AME fue de 0.1 gDQO/gSSV.d.
- Ya se encontraban pequeños gránulos de 0.7 mm de diámetro promedio.
- Los agregados con mayor contenido graso (270 mg/gSSV) se flotaron y escaparon con el efluente al comienzo del arranque. El lodo que permaneció en el fondo del reactor tenía un contenido de material graso de 50 mg/gSSV.

Seguimiento

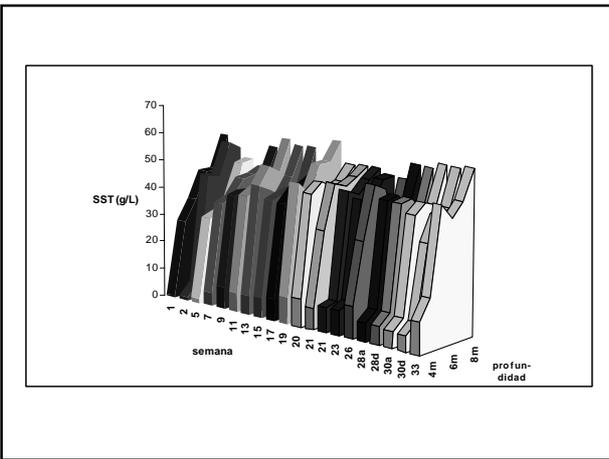
- Caudal de líquido*, DQO, pH*, Alcalinidad, AGV, SS, temperatura*
- Caudal de biogás*, composición
- Cantidad de lodo, perfil de la manta

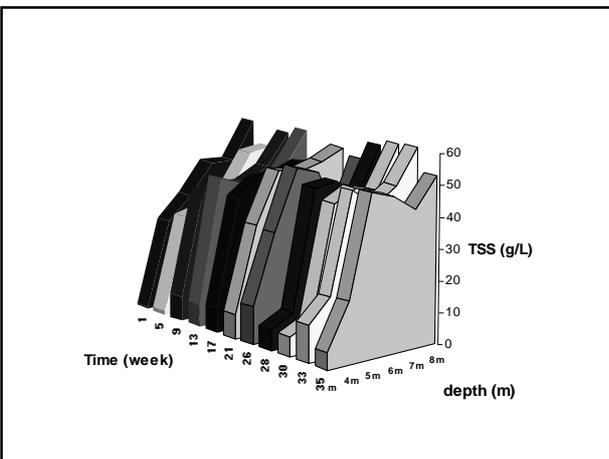
■ * monitoreo on line

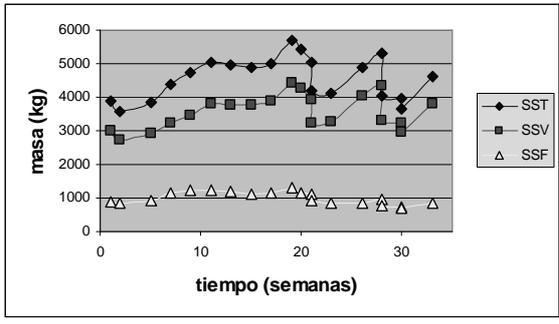




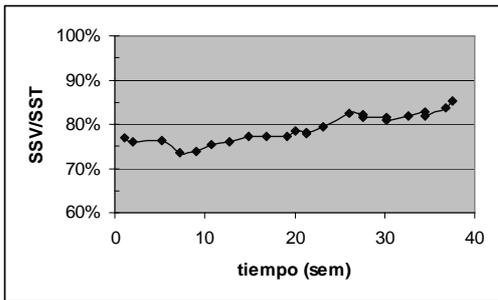
- La DQO soluble en la salida del reactor fue estable en el entorno de los 400 mg/L. La DBO₅ está entre 80 y 120 mg/L
- El pH fue estable con valores entre 6.9 y 7.2.
- Los AGV fueron estables, por debajo de 150 mg/L.
- También la alcalinidad (60 a 80% de alcalinidad bicarbonato).
- A medida que aumentó la carga orgánica se alcanzó una producción de biogás de unos 300 m³/d, con un promedio de 77% de metano.

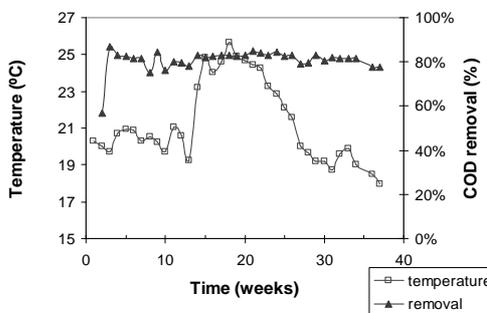


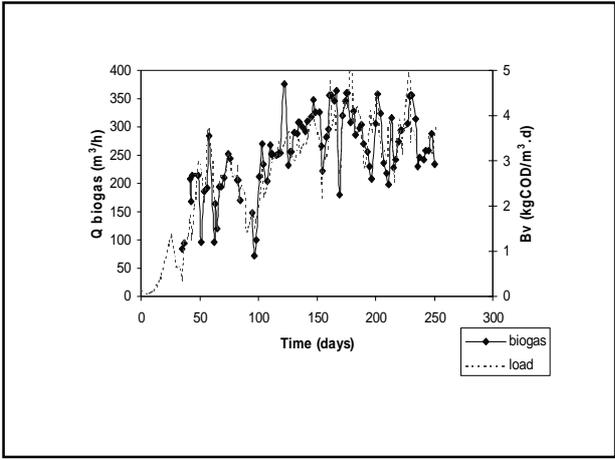




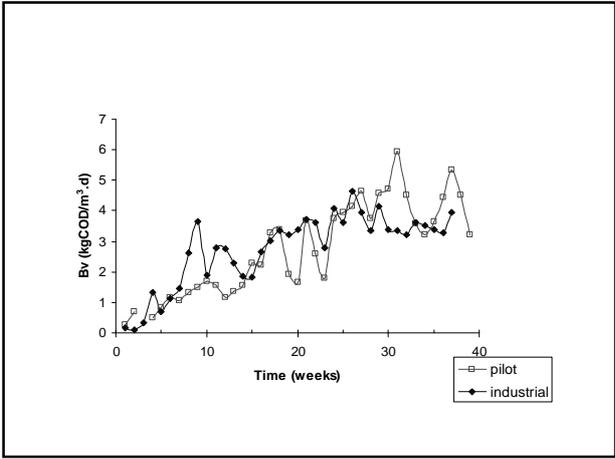
Porcentaje de SSV en el lodo

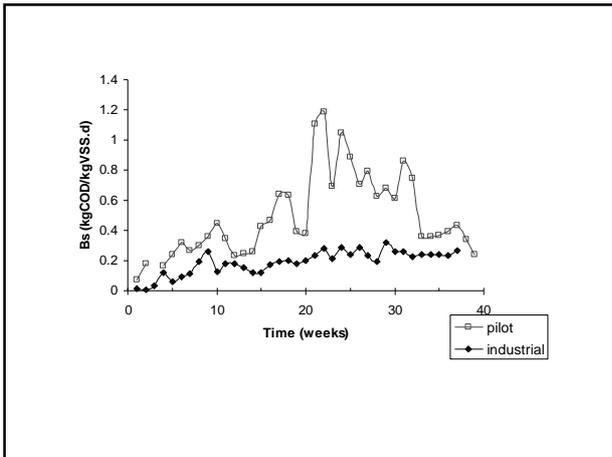


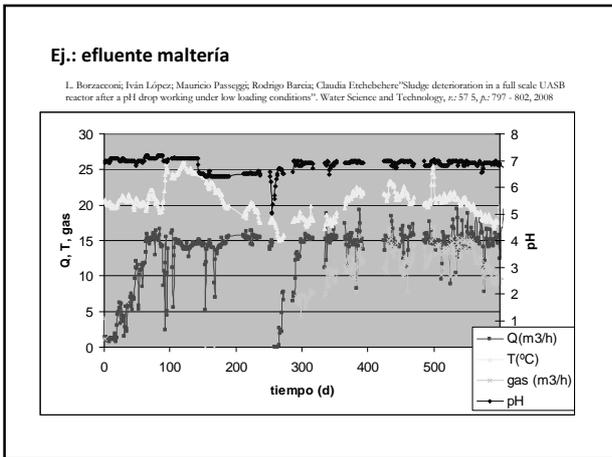




- La relación VSS/TSS varió desde el inicio de un valor de 77% hasta un valor de 88% en la semana 39.
- El diámetro medio de los gránulos estuvo en el entorno de 0.7 mm







- En la semana 21 se alcanzó una AME de 0.25 gDQO/gSSV.d.
- De acuerdo a un balance de masa se pudo calcular un coeficiente de rendimiento de $Y = 0.09 \text{ gSSV/gDQO}_{rem}$ (en el reactor piloto había sido $Y = 0.095 \text{ gSSV/gDQO}_{rem}$).

- Incremento de aproximadamente 300 kg de SST por semana, correspondientes a unos 6 m³/sem de lodo a purgar.
- La purga de lodos, que se realiza cada tres semanas aproximadamente, se realiza llenando totalmente el lecho de secado que admite unos 18 m³. Luego de secado, el lodo es paleable y ocupa una volqueta de 6 m³.

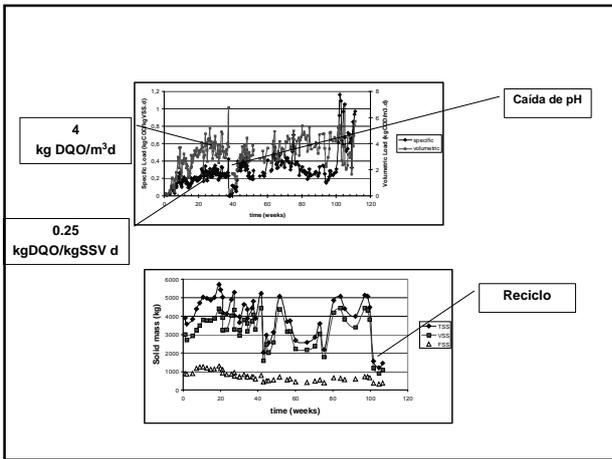
Consideraciones

- El arranque fue exitoso alcanzándose en 9 semanas la carga completa con una eficiencia de remoción de DQO del 80% aproximadamente, y una producción de biogás de 300 m³/d con un 77% de metano.
- A pesar de que el inóculo provenía de una laguna con alto contenido de material graso no se observaron efectos negativos en la performance del reactor. El lodo con alto contenido de grasa se lavó del reactor durante el comienzo del arranque. El inóculo presentaba una AME satisfactoria e inclusive pequeños gránulos.

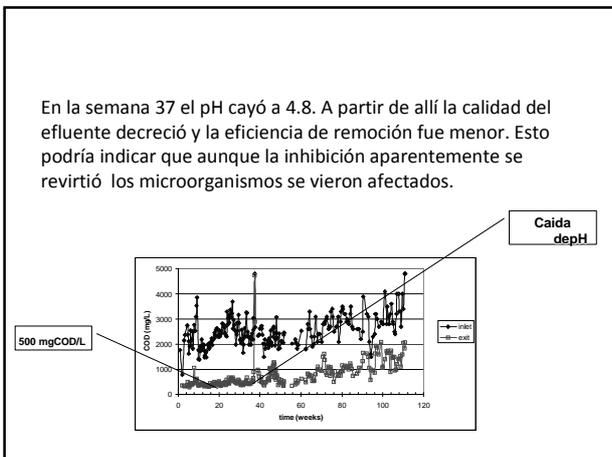
Consideraciones

- Se alcanzó a tratar todo el caudal a relativamente bajas cargas (0.24 kgDQO/kgSSV.d) debido a la gran cantidad de lodo inoculado. Las concentraciones de lodo están en un rango de 40 a 55 gSST/L, con alrededor de 80% de SSV.
- El valor del coeficiente de rendimiento ($Y = 0.09 \text{ gSSV/gDQO}_{rem}$) está de acuerdo con la experiencia previa y la literatura.

Sexta etapa: seguimiento hasta semana 120

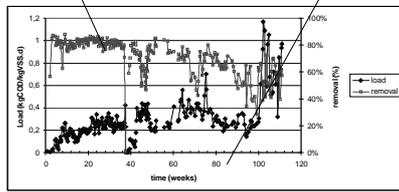


En la semana 37 el pH cayó a 4.8. A partir de allí la calidad del efluente decreció y la eficiencia de remoción fue menor. Esto podría indicar que aunque la inhibición aparentemente se revirtió los microorganismos se vieron afectados.



Rem 80 %DQO

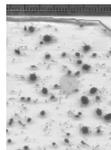
Gránulos filamentosos



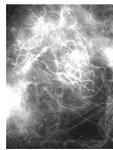
En la semana 81 se percibieron gránulos filamentosos y la eficiencia de remoción disminuyó



ant. sem. 81



post. Sem. 81



FISH de los gránulos filamentosos

Sekiguchi reportó gránulos con características similares que produjeron problemas de sedimentación en reactores UASB. Identificó *Chloroflexi* subphylum en el lodo.

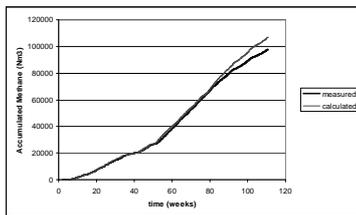
Luego de la caída de pH pudo ocurrir lisis de una fracción del lodo anaerobio y favorecer el crecimiento de *Chloroflexi*. La lisis del lodo provee nutrientes parecidos a el extracto de levadura que es esencial para el crecimiento del *Chloroflexi* (Sekiguchi *et al.*)

Debido a que no se hicieron las purgas con la frecuencia debida el tiempo de residencia celular del lodo fue alto.

Se ha reportado que las filamentosas *Chloroflexi* phylum tienen un crecimiento muy lento.

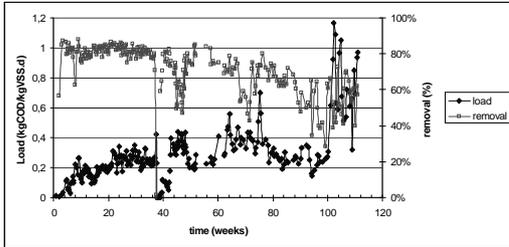
Las cargas por unidad de sólidos fueron bajas particularmente luego de la semana 80, este hecho pudo haber estimulado la lisis y como consecuencia el crecimiento de *Chloroflexi* a partir de las bacterias muertas.

Se calculó la producción teórica de gas acumulada asumiendo un $Y = 0.10 \text{ gVSS/gCOD}_{\text{remv}}$ este valor fue confirmado usando datos de las primeras 35 semanas. Comparando la producción teórica y medida de biogás acumulado se ve una tendencia a la divergencia a partir de la semana 80.



La diferencia entre los valores teóricos y los experimentales detectados luego de la semana 80 se podrían explicar por un cambio en la población de microorganismos. Probablemente se seleccionaron una bacterias con mayor Y . Debido a esto la producción por DQO removido decreció.

En la semana 100 se aplicó una corriente de reciclo. Luego de unos días el contenido de sólidos en el reactor era de 900 Kg. En la semana 110 el DQO de entrada alcanzó valores excepcionalmente altos de alrededor de 4000 mg/L. Luego de estos cambios se produjo un completo wash out de los lodos.



Usando el lodo que quedó luego de aplicar el reciclo se operó un reactor de laboratorio con cargas por unidad de sólido altas y condiciones controladas.

Luego de 3 semanas se recuperó el lodo granular llegando a eficiencias de remoción de 80% trabajando con cargas específicas de 1 kgCOD/kgVSS d.

CONSIDERACIONES

Las condiciones de operación afectan el desarrollo de la población de microorganismos. En esta caso la baja carga orgánica por unidad de masa de microorganismos no tuvo consecuencias hasta la caída de pH por problemas en el proceso industrial.

Luego de la caída de pH el bajo valor de carga aplicado durante varios meses y el tiempo de retención celular elevado parecieron favorecer a los microorganismos que crecen de productos de lisis celular.

CONSIDERACIONES

Por lo tanto estos microorganismos podrían haber sido alentados como consecuencia de la caída de pH.

Al comienzo los gránulos tenían una forma normal y luego de la caída de pH se desarrollaron gránulos filamentosos, creciendo la longitud de los filamentos a lo largo del tiempo. Una gran proporción de estos filamentos fueron detectados por FISH luego de la caída de pH.

CONSIDERACIONES

Entonces los problemas de sedimentación y el desempeño del reactor podrían estar relacionados con la presencia de *Chloroflexi*.

Los cambios en la población microbiana produjeron destabilización del reactor. Asimismo, el cambio en la producción de biogás por DQO_{rem} probablemente se debió a un cambio en el Y por el cambio en la población del lodo.

CONSIDERACIONES

Aplicando altas cargas específicas en un reactor de laboratorio en condiciones controladas se consiguió recuperar el lodo mientras que a escala industrial no fue posible.
