



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA  
OPCIÓN: INGENIERÍA QUÍMICA

Puesta en marcha de un reactor UASB  
modificado para el tratamiento de efluente lácteo.  
Evaluación del desempeño del reactor y  
adaptación del inóculo.

Autor: Ing. Quim. Alfonsina Fernández Rodríguez

Tutores:

MSc. Ing. Quim. Mauricio Passeggi

Dra. Ing. Quim Liliana Borzacconi

Montevideo, Uruguay

Noviembre, 2016

## **Agradecimientos**

Quisiera agradecer a mis padres, por su apoyo incondicional y por los valores que me han enseñado, y a mi hermano por que se que siempre puedo contar con él.

También a mis amigos, los de siempre, los que me dio la Fing en largos días de estudio, y los que fui haciendo transitando otros caminos, que cada uno a su manera forma parte de mi vida y están siempre presentes. En especial a los que de una forma u otra estuvieron en estos 4 años de aprendizaje tanto personal como profesional y me apoyaron en esta última etapa de redacción de tesis: Jimenita, Poio, Maiella, Maria Magui, Amparito.

Un especial agradecimiento a mis tutores, a Mauricio por ser un excelente mentor y un referente y por compartir su conocimiento y a Liliana por siempre alentarme a terminar este trabajo, a ambos por su paciencia y dedicación.

A todo el grupo de BioProa por dejarme ser parte de un gran grupo de investigadores y de personas y al gran grupo humano del IIQ, al que siempre es grato volver.

A Ceci por tantos viales armados y desarmados, y siempre acercarnos las últimas tendencias en material de laboratorio. A Yrma y Caro por ayudarme con los análisis de laboratorio durante el seguimiento del reactor.

A la ANII que mediante su programa de becas de capacitación en el exterior me permitió viajar a Portugal a realizar una pasantía en el Departamento de Ingeniería Biológica (DEB) de la Universidad de Minho. A todo el laboratorio del DEB por hacerme sentir como si estuviera en casa, en especial a Raquel y a Ariane.

## **ABSTRACT**

Dairy wastewater presents a high content of organic matter mainly in the form of carbohydrates, proteins and lipids. Although this composition makes them interesting for anaerobic treatment, problems associated with its treatment have been detected: adsorption of lipids to biomass and consequently flotation of the sludge and inhibition of microorganisms by long chain fatty acids.

The system developed by Passeggi et al., (2006) introduces a solution to the problems before mentioned, by modifying an UASB reactor for the extraction of floating material and treatment in a separate unit and an external lamella settler to prevent biomass wash out from the reactor.

This work presents the study of the startup of a pilot modified UASB reactor for the treatment of dairy wastewater, with intermittent feeding as the startup strategy chosen.

Moreover, a technique similar to specific methanogenic activity assays (SMA), but with a fatty substrate was developed, and it was used to monitor the adaptation of the inoculum to the wastewater.

In the period studied the reactor reached an OLR up to 5.6 kg/COD/m<sup>3</sup>/d with 85% COD efficiency removal. Due to an unforeseen in the industrial plant, the reactor was fed during a cycle, with wastewater with high values of pH, affecting its performance and consequently, decreasing the COD efficiency removal to 55%. It was necessary to re

start the reactor decreasing the OLR applied, but then the reactor recovered its performance.

The sludge loss was considerable during the operation and it was necessary to re inoculate as it worked at specific organic loading rates too high, with values around 1.8 kg COD/kg VSS/d.

From the results obtained, it was concluded that intermittent feeding results in a good strategy for the adaptation of the inoculum to the wastewater with high amount of lipids, promoting the grows of microorganisms able to degrade the adsorb material

**Keywords:** Pilot UASB, dairy wastewater, intermittent feeding, fatty substrate degradation.

## **RESUMEN**

Los efluentes lácteos presentan un alto contenido de materia orgánica principalmente bajo la forma de carbohidratos, proteínas y grasas. Si bien esta composición los hace atractivos para su tratamiento mediante reactores anaerobios, se han detectado dos problemas asociados al tratamiento de este tipo de efluentes: la inhibición de los microorganismos por ácidos grasos de cadena larga y la flotación de lodo por el material graso adsorbido y su eliminación del reactor.

El sistema desarrollado por Passeggi et al. (2006), propone una solución a los problemas antes mencionados mediante la modificación de un reactor UASB para la extracción del material flotado del reactor y su posterior tratamiento en un digestor anaerobio, además de contar con una unidad de sedimentación externa, para evitar la eliminación de biomasa del reactor.

Se realizó el seguimiento de la puesta en marcha de un reactor UASB modificado, a escala piloto para el tratamiento de efluente lácteo. Como estrategia de arranque, se optó por la modalidad de alimentación intermitente.

Además se desarrolló una técnica, análoga a la técnica de Actividad Metanogénica Específica (AME), pero a partir de un sustrato graso. Esta se utilizó para el seguimiento de la adaptación del inóculo a sustratos grasos.

Para el período evaluado se operó con cargas volumétricas de hasta 5.6 kg DQO/m<sup>3</sup>/d y se obtuvieron valores de eficiencias de remoción de materia orgánica superiores al 85 %. Debido a un imprevisto en la planta industrial, el reactor sufrió un shock de pH, lo que afectó su desempeño, bajando la eficiencia de remoción al 55 %. Si bien fue necesario el re-arranque del reactor, disminuyendo la carga aplicada, éste recuperó su desempeño. La pérdida de biomasa durante la operación, hizo que fuera necesaria una re inoculación, por trabajar a cargas específicas demasiado altas, 1.8 kg DQO/kg SSV/d.

De la evaluación de los resultados se considera que la modalidad de alimentación intermitente resulta una buena estrategia para la adaptación del lodo al efluente graso, favoreciendo el crecimiento de microorganismos capaces de degradar el sustrato adsorbido.

**Palabras claves:** UASB, efluente lácteo, arranque intermitente, degradación de sustrato graso