

# UNIVERSIDAD DE BURGOS

## ESCUELA DE DOCTORADO

### TESIS DOCTORALES

**TÍTULO:** TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SEMISÓLIDOS Y EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA INDUSTRIA DEL PROCESADO DEL LIMÓN

**AUTORA:** MACHADO LÓPEZ, WALTER DANIEL  
**PROGRAMA DE DOCTORADO:** GESTIÓN DE LA EMPRESA INDUSTRIAL

**FECHA LECTURA:** 27/01/2016  
**HORA:** 11:00  
**CENTRO LECTURA:** FACULTAD DE CIENCIAS. SALÓN DE ACTOS  
**DIRECTOR/ES:** LUIS ALBERTO NÚÑEZ RECIO  
**TRIBUNAL:** FERNANDO FERNÁNDEZ-POLANCO FERNÁNDEZ DE MOREDA  
GONZALO SALAZAR MARDONES  
BERNARDO MARTÍNEZ MARCOS  
CARLOS AUGUSTO DE LEMOS CHERNICHARO  
JON MARIO IZA LÓPEZ

**RESUMEN:** En la provincia de Tucumán (Argentina) se procesan alrededor de un millón de toneladas de limón, generando residuos y aguas residuales equivalentes a una población de 700.000 habitantes, siendo necesario el tratamiento de los mismos para reducir su impacto ambiental. Las aguas residuales presentan concentraciones elevadas de materia orgánica, bajos niveles de pH y elevado contenido en sólidos como consecuencia de la incorporación de restos de cáscara y pulpa de limón. Las tecnologías inicialmente empleadas en el tratamiento (lagunaje, irrigación) resultan poco eficaces siendo necesarios nuevas alternativas de tratamiento.

Se estudia el compostaje de cáscara y pulpa únicamente y mezclas con otros restos que permitan obtener relaciones C/N adecuadas. (descartes de fruta, restos de poda, cachaza) comprobándose que sólo fue efectivo en las mezclas. Posteriormente se estudió la biodegradabilidad anaerobia de los residuos compuestos fundamentalmente por restos de pulpa y cáscara, empleando reactores de mezcla completa (CSTR). Previamente, se analizaron lodos anaeróbicos recolectados de diferentes orígenes, para seleccionar aquel de mayor actividad metanogénica específica (AME). Se emplearon digestores de 20 litros para llevar a cabo la digestión anaeróbica separada de la pulpa y de la cáscara, a una temperatura de 35°C. Se alcanzó una velocidad de carga orgánica (VCO) cercana a 2 gDQO/l.d, obteniéndose reducciones de DQO del orden del 85%. Seguidamente, se repitió la experiencia a mayor escala, para lo cual se usó un reactor tipo CSTR de 1000 litros, con operaciones de recirculación de lodos, y el sustrato estuvo constituido por una mezcla de pulpa y cáscara, termostaticado a 35°C. Se consiguió reducir un 82% DQO y un 75% de los sólidos totales (ST), trabajando a una VCO de 2 gDQO/l.d.

En la siguiente etapa se estudió la biodegradabilidad anaeróbica de los efluentes líquidos resultantes de la industrialización del limón. En primer lugar se estudió la biodegradabilidad anaerobia y la toxicidad de aceites esenciales, sales de amonio cuaternario empleadas en la desinfección de fruta y floculantes empleados en el

pretratamiento. A continuación se estudia el tratamiento en un reactor anaerobio tipo UASB a escala piloto, de 30 litros de capacidad. Se trabajó a una temperatura de 30°C, con 12 litros de inóculo granular. La DQO del efluente mantuvo un rango de 8,0 g/l a 15 g/l y un pH entre 4,4 y 5,8. Se arrancó a una velocidad de 2 kg DQO/m<sup>3</sup>/día y se arribó, al final de la experiencia, a una VCO de casi 8 kg DQO/m<sup>3</sup>/día con velocidades ascensionales del orden de 1,3 m/h. Hubo eficiencias de remoción cercanas al 94%, aunque se redujo al 78% cuando el influente elevó su contenido de sólidos suspendidos.

También se experimentó el tratamiento de efluente cítrico con un montaje similar al anterior, pero partiendo de lodos anaeróbicos flocculentos y trabajando a una temperatura promedio de 25°C, velocidades ascensionales mínimas de 0,67 m/h y máximas de 0,92 m/h y un influente crudo con 9,0 a 15 g/l de DQO. El objetivo fundamental que buscaba esta experiencia fue el de obtener gránulos anaerobios. Se detectaron formaciones granulares de 2 mm de diámetro a partir del tercer mes de trabajo.

A partir de las experiencias piloto anteriores, se elaboró un protocolo de arranque y operación de un reactor industrial tipo UASB de 7200 m<sup>3</sup> de volumen, inoculado con lodo flocculento proveniente del tratamiento anaerobio de una industria textil. En la parte final de este trabajo se muestran algunos de los datos de operación y funcionamiento del arranque de este reactor.

**Palabras clave:** desechos de limón, compostaje, tratamiento anaerobio, reactores UASB.