

UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Puerto Ángel



EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN ANAEROBIA DE UNA MEZCLA AGUA RESIDUAL-RESIDUOS METANÓLICOS EN UN REACTOR UASB

T E S I S

Que para obtener el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

Presenta:

Ernestina Cuevas Sánchez

Directora de tesis

M.C Belem Espinosa Chávez

Puerto Ángel, Oaxaca, 2018

RESUMEN

En este estudio se evaluó la degradación anaerobia de una mezcla agua residual (MAR) y residuos metanólicos (RMeOH) en un reactor de lecho de lodo anaerobio de flujo ascendente (UASB). El lodo granular utilizado como inóculo fue evaluado con tres sustratos modelo y agua residual de la Universidad del Mar en términos de actividad metanogénica específica (AME). Se realizaron pruebas de biodegradabilidad anaerobia en función de la demanda química de oxígeno (DQO) de los RMeOH y la MAR/RMeOH, la mayor degradabilidad se obtuvo con 2.5 g DQO/L. La operación del reactor se evaluó en cuatro periodos en el que se manejaron condiciones como el efecto de la carga orgánica en la producción de biogás y la eficiencia de remoción de sustrato en base a DQO. En el periodo I (0-43 días), se evaluó a un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 0.44 d y la alimentación consistió en agua residual, se obtuvo una eficiencia de remoción de 54.5 % y no hubo producción de biogás. En los periodos II, III y IV al operar el reactor con la mezcla MAR/RMeOH y modificar el TRH de 1.36 hasta 0.56 d, se observó el incremento en la remoción de DQO del 88.46 al 98.95% y producción de biogás de 0.10 a 1.43 L_{metano}/L_{reactor}. La actividad metanogénica específica del lodo granular disminuyó al incrementar la carga orgánica volumétrica y los lodos presentaron degradación y cambio de color a tiempos prolongados (160 d) de operación del reactor, lo cual se reflejó en la disminución del contenido de sólidos suspendidos volátiles (SSV) en el lodo granular. Con el prototipo propuesto se logró degradar de manera biológica y por la vía anaerobia los residuos metanólicos generados en la Universidad del Mar.

Esta tesis fue desarrollada en los laboratorios de la Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, bajo la dirección de la M.C. Belem Espinosa Chávez y la asesoría de la Dra. Susana García Ortega.

El trabajo experimental fue financiado por el proyecto titulado “Evaluación de la degradación anaerobia de una mezcla agua residual/residuos metanólicos en un reactor UASB operado a diferentes tiempos de retención hidráulico (TRH)”.

Se agradece el apoyo y colaboración de la Dra. María de Lourdes Berenice Celis García.

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar de lo que soy, les agradezco con todo mi amor por darme la vida y gracias por ser mi guía y fortaleza en todo momento.

A mis hermanos, Mónica, Luis y Bugambilia por brindarme su apoyo en el transcurso de mis estudios.

A mis sobrinos, Zurisadai, Ediel, Jesús, Flor Alicia, Abimael y Josué, por brindarme esa chispa de alegría.

A mis cuñados, Gerardo y José

A mi cuñada, Verónica

Y a todos aquellos familiares y amigos que con sus palabras de aliento me motivaron a terminar esta fase de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la M.C. Belem Espinosa Chávez y a la Dra. Susana García Ortega, por brindarme su apoyo, tiempo, dedicación, enseñanza y compartir sus experiencias durante el desarrollo de esta tesis.

A los revisores QFB. Concepción Martínez Lievana, Dr. Carlos Estrada y a la Dra. Florina Ramírez Vives por dedicarle el tiempo necesario para mejorar este documento.

Se agradece a la Compañía Cervecera del Trópico S.A. de C.V. por la donación del lodo granular anaerobio con el que se inoculó el reactor UASB de proyecto de tesis.

A mis compañeros de generación, Guadalupe, Ana I, Dalia, Ana E, Gabriela, Lorenzo, y Aurelio, agradezco su infinita amistad.

A la UMAR Campus Puerto Ángel por aceptarme en sus instalaciones y a los maestros que me brindaron su conocimiento y apoyo para seguir adelante.

Al CONAFE por abrirme paso a ser Instructor Comunitario y desarrollar una gran experiencia trabajando en comunidades indígenas, agradezco por este esfuerzo y otorgarme la beca que me solventó durante los cinco años de la carrera.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
NOMENCLATURA Y ACRÓNIMOS	X
1 INTRODUCCIÓN	1
2 MARCO TEÓRICO	3
2.1 DEGRADACIÓN ANAEROBIA.....	3
2.2 REACTOR DE LECHO DE LODO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (UASB).....	4
2.3 LODO GRANULAR	6
2.4 CINÉTICA DE LA DEGRADACIÓN ANAEROBIA.....	9
2.5 DEGRADACIÓN ANAEROBIA DE METANOL	11
3 ANTECEDENTES.....	13
4 JUSTIFICACIÓN	17
5 OBJETIVOS	19
5.1 OBJETIVO GENERAL	19
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
6 MATERIALES Y MÉTODOS	20
6.1 MATERIALES	20
6.1.1 Fuente de biomasa	20
6.1.2 Reactor UASB.....	20
6.1.3 Agua Residual.....	21
6.1.4 Residuos Metanólicos.....	21
6.1.5 Medios.....	22
6.2 MÉTODOS	23
6.2.1 Determinación de la actividad metanogénica específica (AME).....	23
6.2.2 Determinación de la Demanda química de oxígeno (DQO).....	24
6.2.3 Determinación del pH.....	25
6.2.4 Alcalinidad.....	25
6.2.5 Velocidad de sedimentación del lodo granular	26
6.2.6 Determinación de sólidos suspendidos volátiles.....	26
6.3 CÁLCULOS.....	26
6.3.1 Parámetros de operación del reactor.....	26
6.3.2 Equivalencia teórica de las fuentes de carbono en términos de DQO.....	27
6.3.3 Cálculos para la actividad metanogénica específica	27
6.3.4 Ecuaciones para determinar los parámetros cinéticos K_s y q_{max}	28

7	RESULTADOS Y DISCUSIONES	29
7.1	ACTIVIDAD METANOGÉNICA DEL LODO GRANULAR ANAEROBIO CON DIFERENTES SUSTRATOS MODELO.	29
7.2	PRUEBAS DE BIODEGRADABILIDAD ANAEROBIA DE RESIDUOS METANÓLICOS Y MEZCLA AGUA RESIDUAL/RESIDUOS METANÓLICOS.	30
7.3	PARÁMETROS CINÉTICOS DEL LODO GRANULAR ANAEROBIO CON RESIDUOS METANÓLICOS Y LA MEZCLA AGUA RESIDUAL/RESIDUOS METANÓLICOS.	32
7.4	EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL REACTOR UASB EN CONTINUO.	34
7.5	COMPORTAMIENTO DEL PH Y CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE.	39
7.6	CARACTERIZACIÓN DEL LODO GRANULAR ANAEROBIO	42
7.6.1	<i>Sólidos suspendidos volátiles, Actividad metanogénica y Velocidad de sedimentación</i>	42
8	CONCLUSIONES	46
9	LITERATURA REVISADA.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Actividades metanogénicas de gránulos anaerobios cultivados en diferentes tipos de aguas residuales.	9
Cuadro 2. Composición del medio para AME.....	22
Cuadro 3. Composición de la solución de los elementos traza	23
Cuadro 4. Actividad Metanogénica Específica del lodo granular anaerobio..	29
Cuadro 5. Actividad Metanogénica del lodo granular con Residuos Metanólicos (RMeOH) y la Mezcla (AR/RMeOH) con diferentes concentraciones de sustrato en base a g DQO/L.....	32
Cuadro 6. Parámetros cinéticos con los Residuos Metanólicos y la Mezcla .	33
Cuadro 7. Valores promedio de los parámetros medidos en el reactor UASB.	38
Cuadro 8. Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles del lodo granular.....	42
Cuadro 9. Actividad Metanogénica del lodo granular anaerobio con diferentes sustrato modelo.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de la degradación anaerobia y microorganismos involucrados, modificado de O'Flaherty <i>et al.</i> , (2006).	3
Figura 2. Reactor de lecho anaerobio UASB modificado de (Rittmann y McCarty, 2001)	5
Figura 3. Representación esquemática del modelo de capa múltiple y la arquitectura interna de un gránulo anaerobio modificada de (MacLeod <i>et al.</i> , 1990 y Guiot <i>et al.</i> , 1992).....	8
Figura 4. Grupos tróficos involucrados en la conversión anaerobia del metanol. Tomado de Lin y colaboradores 2008.	12
Figura 5. Vías de degradación anaerobia del metanol a metano, propuesto por Bhatti y colaboradores (1996).	14
Figura 6. Diagrama del reactor UASB alimentado con agua residual y mezcla (agua residual/residuos metanólicos).	21
Figura 7. Perfil de producción de biogás, (A) Residuos Metanólicos, (B) Mezcla: agua residual/Residuos Metanólicos. Prueba realizada sin acondicionamiento de aclimatación de la biomasa.	31
Figura 8. Ajuste lineal mediante el modelo descrito por Lineweaver-Burk. La grafica representa el ajuste de los datos experimentales de la actividad metanogénica a diferentes concentraciones de sustrato para los valores estimados de K_s y q_{max}	33
Figura 9. Efecto de la COV en la producción de Metano por volumen del reactor, evaluando el agua residual y la mezcla (agua residual y residuos metanólicos) en el reactor UASB.....	37
Figura 10. Concentración de DQO en el afluente y efluente del reactor, y eficiencia de remoción de DQO.....	37
Figura 11. Evolución del pH durante la operación en continuo del reactor UASB	41
Figura 12. Capa grisácea formada en la superficie de las botellas serológicas durante la determinación de la AME en los lodos del reactor y en la recolección del efluente del reactor.....	41
Figura 13. Comportamiento de los lodos granulares al inicio y final de la operación del reactor.....	45

NOMENCLATURA Y ACRÓNIMOS

Af	Afluente
AGV	Ácidos grasos volátiles
AME	Actividad Metanogénica Específica
CH₄	Metano
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CO₂	Dióxido de carbono
COV	Carga orgánica volumétrica
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Ef	Efluente
K_s	Constante de afinidad por el sustrato (g DQO/L)
MAR/RMeOH	Mezcla agua residual y residuos metanólicos
Q	Flujo
q_{max}	Velocidad máxima de utilización del sustrato (g DQO/g SSV-d)
RMeOH	Residuos metanólicos
SST	Sólidos suspendidos totales
SSV	Sólidos suspendidos volátiles
TRH	Tiempo de residencia hidráulica
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanked (lecho de lodo anaerobio de flujo ascendente)
VS	Velocidad de sedimentación