



UNIVERSIDAD DEL MAR

INGENIERÍA AMBIENTAL

**TRANSFERENCIA FACILITADA DE METALES
PESADOS POR EL ANTIBIÓTICO
CARBOXÍLICO "LASALÓCIDO A", A TRAVÉS
DE LA INTERFASE LÍQUIDO | LÍQUIDO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA:

FREDY JAHAZIEL BARRERA CRUZ

DIRECTOR:

DR. MIGUEL VELÁZQUEZ MANZANARES

PUERTO ÁNGEL, OAXACA.

DICIEMBRE DE 2006



UNIVERSIDAD DEL MAR

Puerto Escondido - Puerto Ángel - Huatulco

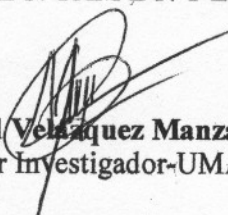
O A X A C A

Pas Ing. Amb. Fredy Jahaziel Barrera Cruz
PRESENTE

En mi calidad de director de la tesis de licenciatura presentada por el pasante de Ingeniería Ambiental **FREDY JHAZIEL BARRERA CRUZ**, con el título "*Transferencia Facilitada de Metales Pesados por el Antibiótico Carboxílico "Lasalócido A", a través de la Interfase Líquido|Líquido*". Certifico que dicha tesis se ha realizado en los laboratorios de Ingeniería Ambiental área Electroquímica de la Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel. Misma que reúne los requisitos necesarios exigidos en este tipo de trabajos.

Puerto Ángel, Oaxaca a los 23 días del mes de noviembre de 2006

ATENTAMENTE


Dr. Miguel Velázquez Manzanares
Profesor Investigador-UMAR

“Ego sum via, veritas et vita...”
Jn. 14,6

Dedicado a:

Dios... Quién me ha dado el valor para navegar en las más difíciles tormentas...

A mi Madre... *cuyo amor incondicional habla por sí sólo...*

A mi hijo Kaín, quien *será siempre mi inspiración última.*

A mi Padre... *por enseñarme el curso III y IV de Filosofía.*

A mis Hermanos: Marco e Isaí... varones honorables; cuyos méritos y tenacidad son admirables. *Por ellos, para que el día de mañana sean los mejores.*

Al Dr. Miguel Velázquez y a la Dra. Judith Amador... quienes le han añadido a mi intelecto el ejercicio que le faltaba para encontrarle el gusto a la ciencia. La tolerancia, determinación y paciencia de ambos; han sido batería para mi vida. *Por lo mucho que les debo, les dedico este humilde triunfo.*

El autor agradece a:

La Universidad del Mar, por enseñarme a ser más objetivo en mis juicios.

La Dra. Rosario Enríquez, por su apoyo incondicional.

Al Dr. Gilberto Carreño, por su voto de confianza en este trabajo.

Al Dr. Raúl Alva, por sus oportunas revisiones en la redacción de este trabajo.

Al M. en C. Alejandro Regalado, cuyas correcciones han nutrido este documento.

A todos los profesores y amigos de la UMAR y del laboratorio de Ing.
Ambiental... *por su lucha ejemplar contra la loba.*

A Nancy... porque: *ya sea en la ciudad o en el campo, en la bonanza o en lo rústico,
siempre le ha procurado lo mejor a mi hijo.*

A Yoalticitl, *cuya amistad y lealtad nunca pondré en tela de juicio.*

Al profesor Justino Reyes y al Biol. Mar. Miguel Ángel Reyes, *a quienes les
debo un inmenso cúmulo de hospitalidad y favores...*

Al CMT y a Mazunte, por darme su apoyo en todo momento.

A Miriam, de quien aprendí que: *nada enlaza tanto a los corazones como
el llorar juntos...*

Se agradece al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) el apoyo financiero otorgado para la realización de este trabajo a través del proyecto I-35657E

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Justificación.....	5
1.3 Objetivo General.....	7
1.4 Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	8
2.1 Metales pesados	8
2.1.1 Generalidades.....	9
2.1.2 Características generales de los metales pesados	10
2.1.3 Bioacumulación	11
2.1.4 Toxicidad	11
2.1.5 Métodos de remoción de los metales pesados en el medio ambiente.....	13
2.1.6 La electroquímica y los metales pesados	13
2.2 Interfase de dos soluciones electrolíticas inmiscibles (IDSEI)	14
2.2.1 Los solventes orgánicos en IDSEI.....	17
2.2.2 Reacciones de transferencia de carga.....	19
2.2.3 Los ionóforos	23
2.2.4 Lasalócido A.....	24
2.2.5 La estructura de la doble capa	26
2.3 Técnicas electroquímicas.....	30
2.3.1 Voltamperometría cíclica	31
2.3.2 Voltamperometría de onda cuadrada.....	34
2.3.3 Espectroscopía de impedancia electroquímica	36
2.3.4 Análisis de la capacitancia.....	39
2.4 Espectrofotometría UV-Visible.....	40
CAPÍTULO 3 PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS	42
3.1 La ecuación de Nernst para la transferencia iónica en IDSEI.....	43
3.2 Transferencia iónica facilitada por ionóforos.....	46
3.3 Aspectos termodinámicos de la voltamperometría cíclica en IDSEI	50
3.4 Espectroscopía de impedancia electroquímica.....	52

CAPÍTULO 4 DESARROLLO EXPERIMENTAL	57
4.1 Reactivos	58
4.2 Preparación de la forma protonada del lasalócido A	58
4.3 Preparación de los electrodos de Ag/AgCl	60
4.4 Preparación del electrolito soporte	61
4.5 Formación de los complejos poliéter-catión	62
4.6 Celda IDSEI	62
4.7 Potenciostato/galvanostato de cuatro electrodos	65
CAPÍTULO 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
5.1 Espectro UV del lasalócido A en su forma protonada	68
5.2 Identificación de los complejos poliéter-catión	70
5.3 Transferencia de metales pesados a través de la IDSEI	74
5.3.1 <i>Voltamperometría cíclica y Voltamperometría de onda cuadrada</i>	74
5.3.1.1 <i>Voltamperometría cíclica del electrolito soporte</i>	74
5.3.1.2 <i>Transferencia de Pb²⁺</i>	75
5.3.1.3 <i>Transferencia de Sr²⁺</i>	81
5.3.1.4 <i>Transferencia de Cd²⁺</i>	85
5.3.1.5 <i>Transferencia de Zn²⁺</i>	88
5.3.1.6 <i>Transferencia de Ni²⁺</i>	91
5.3.2 <i>Propiedades termodinámicas de los metales transferidos</i>	93
5.3.3 <i>Estabilidad de los complejos metálicos transferidos</i>	98
5.4 Estudio interfacial en el proceso de transferencia catiónica	101
5.4.1 <i>Capacitancia interfacial: cationes de mayor radio iónico</i>	104
5.4.2 <i>Capacitancia interfacial: cationes de menor radio iónico</i>	106
5.4.3 <i>Propiedades interfaciales de los cationes asistidos por el lasalócido</i>	108
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES	111
CAPÍTULO 7 PERSPECTIVAS A FUTURO	115
CAPÍTULO 8 BIBLIOGRAFÍA	118
APÉNDICE	126
