



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS
dpto. de Ingeniería Química y Ambiental

PROYECTO FIN DE CARRERA

**EL CRUSTÁCEO *BALANUS SPP.* COMO
BIOINDICADOR DE LA
CONTAMINACIÓN ACUÁTICA EN LAS
BAHÍAS DE CÁDIZ Y ALGECIRAS.**

**Autor: Reyes García Falantes.
Tutores: Prof. Dr. José Morillo Aguado
Prof. Dr. José Usero García**

Junio, 2003

Me gustaría comenzar este documento dando las gracias a todos aquellos que me han ayudado, de una forma u otra, a hacerlo posible.

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento a Don Ignacio Gracia Manarillo y Don José Usero García por permitir el desarrollo de este proyecto bajo la supervisión del departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Escuela de Ingenieros de Sevilla.

En segundo lugar, quiero dar las gracias de manera especial a Don José Morillo Aguado, por ser mi tutor y guía a lo largo de este trabajo, sin cuya ayuda y consejos no hubiera sido posible.

Es mi deseo también hacer una mención especial a los miembros del laboratorio de Química y Medio Ambiente, por haberme ayudado en todo lo que he necesitado durante los meses que he estado junto a ellos. Gracias a Juan Martín Timoteo, Jesús Ferrera Lozano, Dolores Peramo González y Rocío Gómez Rico por hacer que cada hora que he pasado junto a vosotros entre pipetas y matraces haya sido una experiencia inolvidable.

Aprovecho esta ocasión también, para dar las gracias, de corazón, a mi familia, en especial a mis padres, por apoyarme en todas mis decisiones, animarme en los momentos bajos, aconsejarme ante las dudas y ser mi ejemplo a seguir. Gracias por ser como sois.

Y por último, aunque no por eso menos importante, me gustaría dedicar este trabajo a todos aquellos profesionales de la enseñanza que me han ido formando a lo largo de mi vida, y a todos aquellos compañeros y amigos que han crecido conmigo en estos veinticinco años de aprendizaje.

Gracias a todos.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
II. ANTECEDENTES	4
1 METALES EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	4
1.1 INTRODUCCIÓN	4
1.3 CICLO BIOGEOQUÍMICO	9
2. METALES EN ORGANISMOS VIVOS	13
2.1 INTRODUCCIÓN	13
2.2 TOXICIDAD DE LOS METALES	16
2.3 ENSAYOS DE TOXICIDAD	21
2.4 BIOINDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	24
2.5 <i>BALANUS SPP.</i>	25
3. TOMA Y TRATAMIENTO DE MUESTRAS	32
3.1 INTRODUCCIÓN	32
3.2 TOMA Y TRATAMIENTOS DE MUESTRAS DE AGUAS. . . .	32
3.2.1 TOMA Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	32
3.2.2 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES	36
3.3 TOMA Y TRATAMIENTOS DE MUESTRAS DE <i>BALANUS SPP</i>	41
3.3.1 TOMA Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	41
3.3.2 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES	42
4. MÉTODOS DE ANALISIS	44
4.1 INTRODUCCIÓN	44

4.2 DETERMINACIÓN DE METALES.....	44
III. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO	
ESTUDIO	47
1. DESCRIPCIÓN	47
2. ACTIVIDAD INDUSTRIAL	49
IV. METODOS EXPERIMENTALES	58
1. CONSIDERACIONES GENERALES	58
2. TOMA DE MUESTRA	58
2.1 INTRODUCCIÓN	58
2.2 LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO ...	58
3. PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	64
3.1 INTRODUCCIÓN	64
3.2 PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA	64
3.3 PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS DE <i>BALANUS SPP</i>	65
4. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS	67
4.1 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE AGUA	67
4.1.1 INTRODUCCIÓN	67
4.1.2 PROCESO DE EXTRACCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE METALES	68
4.2 TRATAMIENTO EN LAS MUESTRAS DE <i>BALANUS SPP</i> .	77
4.2.1 INTRODUCCIÓN	77
4.2.2 DIGESTIÓN DE LAS MUESTRAS DE <i>BALANUS SPP</i> .	78
5. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS	82
5.1 INTRODUCCIÓN	82
5.2 ESPECTROSCOPÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON GENERADOR DE HIDRUROS	83

5.3 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA MEDIANTE TÉCNICA DE VAPOR FRÍO	86
5.4 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON LLAMA AIRE-ACETILENO	88
5.5 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA ELECTROTÉRMICA CON CORRECTOR ZEEMAN	89
6. CALIDAD DE LOS RESULTADOS	92
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	93
1. INTRODUCCIÓN	93
2. AGUAS	93
2.1 CONSIDERACIONES GENERALES	93
2.2 ÍNDICE DEL CONTENIDO METÁLICO	105
2.3 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS ...	109
3. <i>BALANUS SPP.</i>	111
3.1 CONSIDERACIONES GENERALES	111
3.2 ÍNDICE DEL CONTENIDO METÁLICO	127
3.3 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS ...	129
4. ESTUDIO COMPARATIVO	131
4.1 CONSIDERACIONES GENERALES	131
4.2 ÍNDICE DE CONTENIDO METÁLICO	145
4.3 ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS ...	146
VI. CONCLUSIONES	150
VII. BIBLIOGRAFÍA	152
INDICE DE TABLAS	158
INDICE DE FIGURAS.....	161