

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



E.T.S. INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DPTO. DE CIENCIAS Y TÉCNICAS DEL AGUA Y DEL MEDIO AMBIENTE

GRUPO DE EMISARIOS SUBMARINOS E HIDRÁULICA AMBIENTAL

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DE LOS EFECTOS SOBRE EL MEDIO
LITORAL DERIVADOS DE LA IMPLANTACIÓN
DE SANEAMIENTOS INTEGRALES EN LA COSTA
CANTÁBRICA**

Presentada por: **BEATRIZ ECHAVARRI ERASUN**

Dirigida por: **JOSÉ A. JUANES DE LA PEÑA
GERARDO GARCÍA-CASTRILLO RIESGO**

Santander, Enero de 2007

*A la abuela “Pollo”
y a mis padres*

Agradecimientos

Una vez alguien me dijo que escribir una tesis era una carrera de fondo y que no se podía reducir a un simple sprint final. Ahora, después de todo este tiempo, puedo decirle a quién me lo dijo que vaya si tenía razón.....

Muchas son las personas a las que quiero y debo agradecer el que este trabajo haya llegado finalmente a buen término. En primer lugar quisiera agradecer a Jose Juanes el haberme ayudado a dirigir esta tesis y por su amplia colaboración en la elaboración de la misma. Su experiencia en la materia, sus aportaciones y, sobretodo, su gran apoyo y paciencia han sido fundamentales para mi. Así mismo, quiero dar las gracias a Gerardo García-Castrillo por haberme descubierto un mundo desconocido, más allá de la superficie del mar, así como por haber confiado en mi capacidad para abordar los trabajos que han servido de base para la realización de este documento.

A Jesús Lavín, del Centro de Investigación y Medio Ambiente (CIMA) por ayudarme a solventar todas mis dudas acerca de las técnicas analíticas aplicadas y por tantos años de mutua colaboración. A la tripulación del “Rioja”, por haber compartido, a todos los niveles, tantas horas agradables en el mar y por su gran amistad.

Aún consciente del riesgo de aburrir al lector antes de entrar en materia, pesa más en mi el deseo de hacer constar mi gratitud a quiénes me han empujado y soportado, -aunque los años durante los que lo han hecho harán que me deje fuera a algunos-, me refiero aquí a mis compañeros, que, por haberse involucrado más allá de lo razonable en el trabajo son, además, grandes amigos. Compañeros de fatigas como Gonzalo y Carmelo, cuya experiencia y pericia me han ayudado tanto en las labores técnicas de los muestreos y por todo lo que se aprende con ellos; compañeros de la ACEM y colegas del departamento, como Bárbara, quién, además de ser una gran amiga y soportarme durante muchos años, ha estado compartiendo conmigo la ardua tarea de escribir una tesis.

Por último a mi familia y a mis amigos, quiénes, además de hacerme salir de la rutina, han estado ahí siempre para cuidarme y apoyarme más allá de lo increíble.

A todos vosotros, gracias.

-Índice-

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	33
3. MATERIAL Y MÉTODOS	37
3.1. DESCRIPCIÓN DEL SANEAMIENTO INTEGRAL DE LA BAHIA DE SANTANDER.....	37
3.2. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR EL VERTIDO DEL EMISARIO.....	41
3.2.1. Descripción de la zona de estudio	41
3.2.2. Estudio del estado trófico de las aguas	45
3.2.3. Estudio del estado químico de las aguas	52
3.2.4. Estudio de la calidad bacteriológica de las aguas de baño	58
3.2.5. Estudio de la calidad de los fondos sedimentarios	61
3.2.6. Estudio de las comunidades bentónicas de fondo rocoso	65
3.3. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS MASAS DE AGUA ESTUARINAS.....	71
3.3.1. Descripción de la Bahía de Santander	71
3.3.2. Análisis del estado trófico de las aguas estuarinas	73
3.3.3. Análisis de la calidad bacteriológica de las aguas de baño de la Bahía	76
3.3.4. Análisis de la calidad de los sedimentos estuarinos	79
3.3.5. Estudio de las comunidades bentónicas de fondo blando	82
4. RESULTADOS	85
4.1. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR EL VERTIDO DEL EMISARIO.....	85
4.1.1. Estudio del estado trófico de las aguas	85
4.1.2. Estudio del estado químico de las aguas	106
4.1.3. Estudio de la calidad bacteriológica de las aguas de baño	109
4.1.4. Estudio de los fondos sedimentarios	113
4.1.5. Estudio de las comunidades bentónicas de fondo duro	122
4.2. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS MASAS DE AGUA ESTUARINAS.....	139
4.2.1. Análisis del estado trófico de las aguas estuarinas	139
4.2.2. Análisis de la calidad bacteriológica de las aguas de baño	153

4.2.3. Análisis de la calidad de los sedimentos estuarinos	156
4.2.4. Estudio de las comunidades bentónicas de fondo blando	163
5. DISCUSIÓN	179
5.1. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR EL VERTIDO DEL EMISARIO	180
5.1.1. Estudio del estado trófico de las aguas	180
5.1.2. Estudio del estado químico de las aguas	188
5.1.3. Estudio de la calidad bacteriológica de las aguas de baño	190
5.1.4. Estudio de los fondos sedimentarios	192
5.1.5. Estudio de las comunidades bentónicas de fondo duro	196
5.2. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS MASAS DE AGUA ESTUARINAS	202
5.2.1. Análisis del estado trófico de las aguas estuarinas	202
5.2.2. Análisis de la calidad bacteriológica de las aguas de baño	208
5.2.3. Análisis de la calidad de los sedimentos estuarinos	210
5.2.4. Estudio de las comunidades bentónicas de fondo blando	212
5.3. INDICACIONES GENERALES APLICABLES AL CONTROL OPERATIVO DE LAS MASAS DE AGUA AFECTADAS POR VERTIDOS DE SANEAMIENTOS	215
6. CONCLUSIONES	227
7. BIBLIOGRAFÍA	231
7.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	231
7.2. REFERENCIAS LEGISLATIVAS	262
7.3. CLAVES DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA	264