



APORTACIONES DEL PROYECTO CARMAC A LA MEJORA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO DE LA MACARONESIA EUROPEA



APORTACIONES DEL PROYECTO CARMAC A LA MEJORA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO DE LA MACARONESIA EUROPEA



Jefe de Fila



Socios



Proyecto cofinanciado por



Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
Departamento de Agua
División de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Dirección y Coordinación:
Baltasar Peñate Suarez
Juana. R. Betancort

Marzo de 2013

© del texto: los autores
© de las ilustraciones: los autores
© de la edición: ITC

Fotos cubierta:
▪ Superior: Madeira
▪ Medio: Canarias
▪ Inferior: Azores

Depósito legal: GC 1300-2013
Diseño y maquetación: sergiohp

El copyright y todos los derechos de propiedad intelectual y/o industrial sobre el contenido de esta edición son propiedad de los autores. No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico, por fotocopia o por registro u otros medios, salvo cuando se realice con fines académicos o científicos y estrictamente no comerciales y gratuitos, debiendo citar en todo caso al proyecto CARMAC y la cofinanciación recibida por parte del programa INTERREG PCT-MAC, sus autores físicos, su título completo y su carácter de edición divulgativa gratuita.

AGRADECIMIENTOS

El Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), en calidad de Jefe de Fila del proyecto CARMAC, desea agradecer a las instituciones, empresas y particulares que han colaborado en la correcta ejecución del proyecto, por su dedicación y predisposición mostrada en todo momento. Sin la participación de todos este proyecto no hubiera alcanzado el éxito obtenido. De forma concreta, el ITC desea reconocer las aportaciones realizadas desde la Dirección General de Salud Pública y la Viceconsejería de Medioambiente del Gobierno de Canarias.

SUMARIO

A1	PROPUESTA CONJUNTA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PERFILES DE LAS AGUAS DE BAÑO DE AZORES Y CANARIAS	13
	Carlos Medeiros (DRMA) Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC)	
A2	DESIGNACIÓN DE NUEVAS ZONAS DE BAÑO	19
	Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC) Colabora: Tanausú Cruz Martín	
A4	TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE HONGOS EN ARENAS Y VALIDACIÓN DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN AGUA DE MAR	25
	Vanessa Millán Gabet, Dra. Juana Betancort Rodríguez (ITC) Colabora: Tanausú Cruz Martín	
A5	ESTUDIO DE LA CALIDAD SANITARIA DE ARENAS EN PLAYAS	31
	Dra. Elizabete Pereira, Dr. Celso Figueira, Dr. Nuno Aguiar, Dra. Susana Prada (UMA) Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC) Colabora: Tanausú Cruz Martín	
A6	MODELIZACIÓN DE PLUMAS DE EMISARIOS DE AGUAS RESIDUALES Y AFECCIÓN A ZONAS COSTERAS Y DE BAÑO	37
	Vanessa Millán Gabet, Dra. Juana Betancort Rodríguez (ITC) Josefa Caballero Hernández (Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria) Colabora: Eva García Romero (Acciona Agua)	
A7	DESARROLLO DE SISTEMAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y GESTIÓN ANTE VERTIDOS EN ZONAS COSTERAS Y DE BAÑO	43
	Pedro Delgado Melián, Oscar Campo González (CIATF) Josefa Caballero Hernández (Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria) Colabora: Eva García Romero (Acciona Aguas) Dra. Marta Rodrigo Sanz, Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC)	
A8	PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN DE SANEAMIENTO URBANO Y RECOMENDACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN NÚCLEOS DISEMINADOS Y ESTABLECIMIENTOS HOTELEROS DEL LITORAL	49
	Gilberto Martel Rodríguez, Miguel Ángel Márquez Marfil (ITC)	
A9	EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS A PARTIR DE PROYECTOS PILOTO DEMOSTRATIVOS DE DEPURACIÓN A PEQUEÑA ESCALA PARA NÚCLEOS DISEMINADOS Y ESTABLECIMIENTOS HOTELEROS DEL LITORAL	55
	Gilberto Martel Rodríguez, Miguel Ángel Márquez Marfil, Olivia Rivero Álamo (ITC) Eva García, Josefa Caballero, Federico Noval Toyos (Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria)	

A10	DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y DE UN ASESOR INTELIGENTE PARA LA SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA MACARONESIA EUROPEA	65
	Abraham Rodríguez Rodríguez, Leidia Martel Monagas (ULPGC) Gilberto Martel Rodríguez, Miguel Ángel Márquez Marfil (ITC)	
A11	JORNADAS DE GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES CON EL OBJETIVO DE MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS COSTERAS DE BAÑO DE LA MACARONESIA EUROPEA	71
	Gilberto Martel Rodríguez (ITC) Dr. Celso Figueira, Dr. Nuno Aguiar, Dra. Susana Prada (UMA)	
A12	EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES ESPECÍFICOS EN AGUAS COSTERAS DE LA MACARONESIA EUROPEA	77
	Cristina Afonso Olivares, Dr. José Juan Santana Rodríguez (ULPGC) Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez, Dra. Marta Rodrigo Sanz, Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC)	
A13	MADEIRA. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA COMPOSICIÓN DE LOS CURSOS DE AGUA Y ESCORRENTÍAS DE LOS BARRANCOS EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS COSTERAS EN LA ISLA DE LA MADEIRA	83
	Dr. Celso Figueira, Dr. Nuno Aguiar, Dra. Susana Prada (UMA)	
	CANARIAS. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS EFLUENTES PROCEDENTES DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL, DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DESALACIÓN SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS COSTERAS	89
	Pedro Delgado Melián, Oscar Campo González (CIATF)	
	CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DEL PROYECTO CARMAC	97

PRÓLOGO

Atendiendo a los requerimientos de la Directiva Europea 2006/7/CE relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño, el proyecto CARMAC (MAC/2/011), cofinanciado por el Programa de Cooperación Transnacional MAC 2007-2013, ha abordado desde una perspectiva global el control y la reducción de la contaminación de las aguas costeras del espacio de cooperación, poniendo especial interés en la calidad de las aguas de baño y su uso recreativo. Para la Macaronesia europea, preservar y mejorar la calidad de las playas y costas es un aspecto vital, dada la importancia del sector turístico en la economía de las Islas. En este proyecto, liderado por el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) han participado como entidades socias:

- Direção Regional do Ambiente dos Açores (DRA)
- Mancomunidad Intermunicipal del Sureste de Gran Canaria (MANSU-RESTE – Canarias)
- Universidade da Madeira (UMA)
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC – Canarias)
- Consejo Insular de Aguas de Tenerife (CIATF – Canarias)

CARMAC ha aportado metodología y herramientas de alto valor añadido para la evaluación, monitorización y gestión y designación de las zonas de baño. A su vez, las actuaciones del proyecto han permitido mejorar la capacitación y nivel de investigación de los agentes implicados en las técnicas de análisis de aguas y arenas. Paralelamente, se han evaluado herramientas de gestión y prevención de riesgos ante vertidos de aguas residuales en costa, así como tecnologías para tratamiento de estos efluentes a través de casos piloto. Además aporta soluciones innovadoras al vertido conjunto de salmueras y aguas residuales.

Como aspecto innovador, se ha abordado el estudio de contaminantes emergentes en las costas canarias, aportando información hasta el momento desconocida.

Esta publicación se edita para dar a conocer con más detalle los logros alcanzados, y que la información llegue al mayor número de personas interesadas en estos aspectos. Básicamente, es un compendio de los numerosos resultados que el proyecto CARMAC, en sus tres años y medio de duración (septiembre 2009 – marzo 2013), ha logrado. En diferentes capítulos, que corresponden a las diferentes *actividades técnicas realizadas*, esta publicación le permitirá conocer el alcance y resultados del proyecto, que en su origen fue estructurado en *cinco grandes objetivos*:

O1- Desarrollar herramientas de gestión para la aplicación y cumplimiento conjunto de la Directiva europea 2006/7/CE relativa a la calidad de las aguas de baño:

- Actividad 1: Elaboración de perfiles de aguas de baño.
- Actividad 2: Estudio para la designación de nuevas zonas de baño.
- Actividad 3: Divulgación general de resultados.

O2- Desarrollar metodologías para la evaluación y gestión de la contaminación microbiológica en aguas y arenas de playas:

- Actividad 4: Técnicas de identificación de hongos en arenas de playa y validación de ensayos microbiológicos en aguas (acción formativa).
- Actividad 5: Estudio de la calidad sanitaria de arenas de playas.

O3- Desarrollar sistemas de prevención de riesgos y gestión ante vertidos en zonas costeras y de baño:

- Actividad 6: Simulación del vertido de aguas residuales en costa. Afección a zonas costeras y de baño.
- Actividad 7: Sistemas de alarma para estaciones de bombeo de aguas residuales.

O4- Mejorar la gestión y el tratamiento de las aguas residuales en el litoral de la Macaronesia europea:

- Actividad 8: Recomendaciones para el tratamiento de aguas residuales en núcleos diseminados y establecimientos hoteleros del litoral.
- Actividad 9: Evaluación de tecnologías de depuración a pequeña escala en núcleos diseminados y establecimientos hoteleros.
- Actividad 10: Sistema de Información y Asesor Inteligente para la selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales.
- Actividad 11: Jornadas municipales de gestión y tratamiento de aguas residuales.

O5- Evaluar la concentración de contaminantes específicos procedentes de aglomeraciones urbanas y actividades productivas en aguas del litoral de la Macaronesia europea con el fin de predecir la calidad ambiental:

- Actividad 12: Evaluación de contaminantes específicos en aguas costeras.
- Actividad 13 (Madeira): Evaluación del impacto de la composición de los cursos de agua y escorrentías en barrancos en la calidad de las aguas costeras.
- Actividad 13 (Canarias): Estudio del efecto del vertido de salmueras en el medio marino y su interacción con efluentes de EDARs.

La participación del ITC y resto de socios en este proyecto constituye una apuesta por la cooperación transnacional como elemento de valor para el desarrollo integrado de las regiones ultraperiféricas con el resto de países del continente. Este proyecto ha facilitado, además, una oportunidad para establecer nuevas y fuertes relaciones entre las diferentes instituciones y ha permitido estrechar lazos y establecer sinergias con la administración pública con competencia en la materia. Estamos confiados que a medio y largo plazo, los resultados obtenidos en el proyecto CARMAC contribuirán a la mejora ambiental, sanitaria y económica de la franja costera, todo ello bajo el concepto de desarrollo sostenible.

Dra. Juana R. Betancort
Coordinadora Técnica del Proyecto – ITC

Dr. Baltasar Peñate Suárez
Jefe del Departamento de Agua – ITC

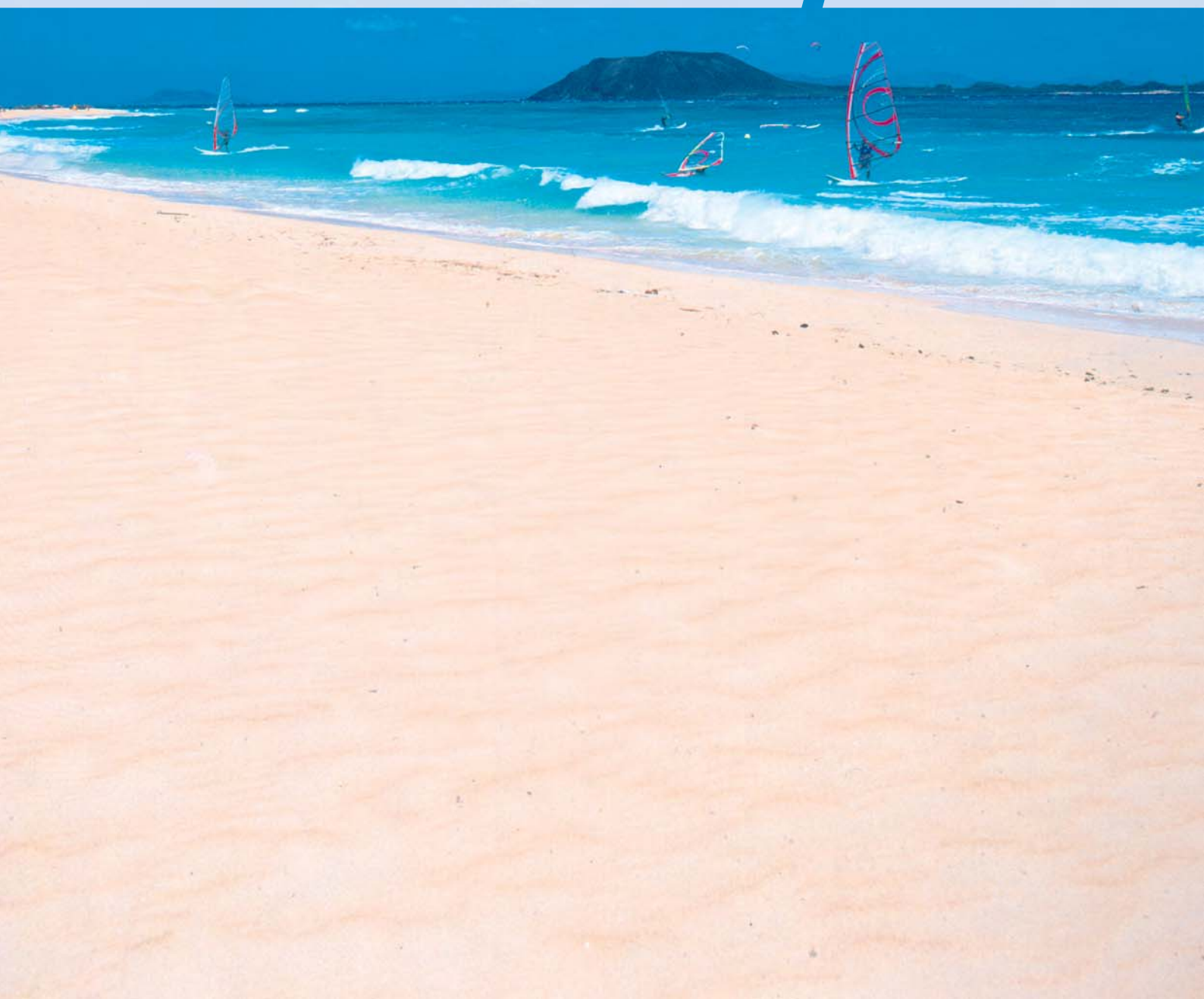
www.proyectocarmac.org

PROPUESTA CONJUNTA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PERFILES DE LAS AGUAS DE BAÑO DE AZORES Y CANARIAS

Carlos Medeiros (DRMA)

Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC)

A1



INTRODUCCIÓN

En lo que respecta a la gestión de la calidad de las aguas, la nueva Directiva exige a los estados miembros la implantación de sistemas de gestión de las aguas de baño y de sistemas de información a los usuarios. Entre estas herramientas de gestión se deben elaborar los “perfiles” para todas las aguas de baño. Estos perfiles deben incluir la descripción de las características físicas, geográficas e hidrológicas de la zona, así como la identificación y evaluación de las fuentes de contaminación que podrían afectar a la calidad de las aguas de baño y perjudicar a la salud de los bañistas.

La función principal del perfil de zona de baño es mejorar el conocimiento sobre las fuentes de contaminación microbiológica y sus rutas en un playa, basándose en los indicadores de polución fecal, *E. coli* y enterococos intestinales.

Los gestores de playa deben conocer y realizar una estimación de estas rutas, con el objeto de tomar medidas para prevenir, minimizar o eliminar la contaminación que se pudiera detectar de forma excepcional, como p.e. las “contaminaciones accidentales”, “situaciones anómalas” o “circunstancias excepcionales” definidas en la nueva Directiva.

De forma paralela, los perfiles sirven como herramienta de comunicación a los usuarios y a la sociedad sobre la calidad de las aguas y las medidas de gestión que se realizan al respecto.

Con el objeto de dar cumplimiento a las directrices europeas, la Secretaria de Ambiente e do Mar de Azores y el Dpto. de Agua del ITC en Canarias han colaborado en la realización de esta actividad con el objetivo de elaborar la metodología requerida, para su posterior cumplimentación en ambas regiones. En Canarias se ha contado con la colaboración de la Dirección General de Salud Pública y la Consejería de Medioambiente del Gobierno de Canarias.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este trabajo, se procedió en primer lugar a recopilar información de distintas instituciones de otras regiones europeas que ya han realizado o están realizando la descripción de los perfiles de zona de baño y de documentos o guías sobre recomendaciones de cumplimentación.

En base a esa documentación se decidió organizar toda la información requerida como una base de datos, organizando la información recopilada por fichas.

La cumplimentación de cada una de estas fichas se hizo tomando información de carácter tanto administrativo como técnico ya existente en las diferentes administraciones regionales, a través de consultas a determinadas entidades (ej.: ayuntamientos, empresas gestoras de saneamiento, etc.) y mediante observaciones e inspecciones a pie de playa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez revisada toda la información recopilada se generaron cinco tipos de fichas. Las fichas a cumplimentar fueron: Localización, Usos y servicios, Caracterización física, geográfica e hidrológica, Polución, Gestión y Otros.

La ficha de *Localización* incluye, datos de carácter administrativo como pueden ser la localización territorial y la localización geográfica, nombre de la playa, temporada de baño, imagen o mapa indicando infraestructuras, puntos de muestreo (coordenadas UTM), etc.

En la ficha *Características físicas, geográficas e hidrológicas*, se incluye una descripción de la fisiografía de la zona, del tipo de sustrato de la playa, de los usos y ocupación del suelo adyacente, características de la masa de agua (estado ecológico y químico acorde a la DMA), accesos a la playa, etc.

La ficha de *Usos y servicios* describe por un lado los servicios e infraestructuras disponibles en la zona de baño como puede ser: balnearios, duchas, instalaciones sanitarias, puesto de socorro, servicio emergencias, paneles informativos, limpieza de playa y recogida de basuras, hamacas, sombrillas etc. Y en cuanto a los usos se indica aspectos tales como nº usuarios, nº puesto de vigilancia, nº socorristas, nº contenedores de basura, existencia de aseos, tipo limpieza, etc.

Atendiendo a los requisitos de la DAB, la ficha de *Polución*, incluye la información relativa a las posibles fuentes de contaminación, indicando el tipo y ubicación en el área (emisarios y estaciones de bombeo de aguas residuales, infraestructuras de saneamiento, vertidos (otros...), escorrentía, puertos/marinas, etc.). Asimismo se incluye la descripción de los posibles riesgos de contaminación microbiológica, la proliferación de medusas, proliferación de macroalgas y fitoplancton. Además, este apartado incluye el historial de clasificación de la calidad del agua y proponemos la inclusión del historial de la clasificación de la calidad de la arena, acorde con la metodología propuesta en la actividad 5 del Proyecto.

Se propone en esta metodología, evaluar el riesgo a las distintas formas de contaminación, de forma genérica a partir de datos históricos del área, utilizando una matriz de vulnerabilidad y a través de datos reales de carácter experimental

recabados en los planes de seguimiento a pie de playa. De forma específica se propone para evaluar el riesgo a la contaminación microbiológica en zonas de baño específicas, aplicar modelos matemáticos en 2D/3D como herramienta de gestión.

Respecto a la posible contaminación por proliferación de macroalgas, se asocia a una buena gestión de limpiezas de playas, dado que en Canarias y Azores la acumulación de este material vegetal en las arenas está originada por los propios ciclos naturales de las algas y las mareas. No ocurre como en otras regiones europeas en que la proliferación de macroalgas obedece a una contaminación de las masas de aguas por nutrientes.

Las proliferaciones de fitoplancton/cianobacterias en Canarias han sido eventos puntuales y dado que no se cuenta con mucha información al respecto, se propone incluir de forma rutinaria en los análisis de control de calidad del agua el análisis de clorofila *a*. En caso de que este valor fuese superior al límite se realizaría un análisis taxonómico con el objeto de identificar la/s especie/s y evaluar el riesgo a la población.

Por último en la ficha de *Gestión*, se incluye la información relativa a las entidades responsables de la gestión de la zona de baño, indicando los contactos de cada uno de ellos. Incluye además las medidas a tomar y protocolos de actuación por los gestores de la playa en caso de fenómenos de contaminación, para dar solución al evento e informar al público.

Siguiendo esta metodología propuesta, se realizaron los perfiles de 31 zonas de baño en Azores (que representa el 58% de las ZB de la región) ubicadas en las islas de San Miguel y Terceira. En Canarias, el proyecto desarrolla la metodología para que posteriormente el organismo con competencia en la materia lleve a cabo el trabajo para las 165 zonas de baño declaradas en las Islas Canarias.

Del trabajo realizado y para ambas regiones se destaca la necesidad de aumentar el conocimiento científico ambiental, concretamente en las zonas costeras, dado que algunas áreas de conocimiento han sido poco estudiadas, lo que provoca que existan áreas o zonas costeras sin datos y/o carentes de estudios anteriores. Por esto es necesario que las diferentes instituciones con competencias directas o indirectas en la gestión de las zonas de baño y/o costeras trabajen de forma colaborativa, consensuando los criterios de gestión, planificación y evaluación de la calidad y la documentación o los soportes en los que ésta esté disponible sea única.

TABLA 1.1. FICHA DE DATOS RELACIONADOS CON LA POLUCIÓN EN LA ZONA DE BAÑO

RESIDUOS SÓLIDOS

Plásticos, embalajes, madera, corcho, cigarros, vidrios, otros

Parámetros microbiológicos

Identificación fuentes de polución

- EDARs y/o emisarios ARs
- EBARs e infra. saneamiento
- Vertidos (otros...)
- Escorrentía
- Puertos/marinas

Riesgo de contaminación

- Microbiológica
- Proliferación cianobacterias
- Proliferación medusas
- Proliferación macroalgas y fitoplancton

POTENCIAL DE PROLIFERACIÓN BIOLÓGICA

	Con riesgo	Sin riesgo
Cianobacterias		x
Fitoplancton		x
Macroalgas		x
Otros		x

ORGANISMOS RESPONSABLES DE EVENTOS DE POLUCIÓN

Identificación de fuentes de polución/aparición

Fuente La circulación de embarcaciones posibilitará la aparición de residuos en la superficie del agua de zonas de baño

Probabilidad de aparición elevada

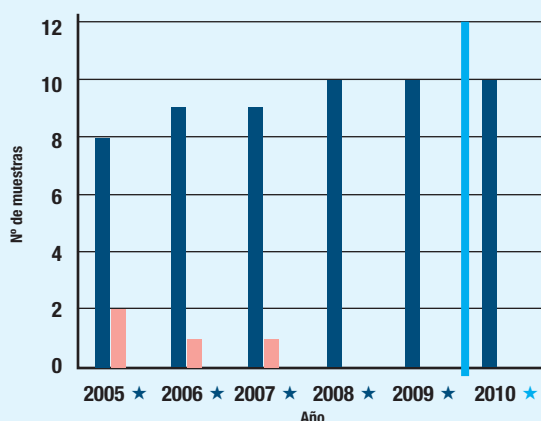
Fuente Las aguas residuales domésticas existentes en la zona de baño constituye un foco de polución. Con probabilidad reducida de afectar a la zona de baño

Vulnerabilidad de polución

Moderada

Calidad ambiental

Aceptable

HISTORIAL Y CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA**Evaluación de la calidad de las muestras**

2010

- Buena
- Aceptable
- Mala
- Apropia para el baño
- Inapropia para el baño





Clasificación final de la calidad (año):

- ★ Excelente (2010)
- ★ Buena
- ★ Aceptable
- ★ Mala

CALIDAD DE LA ARENA

	Contenido micológico (UFC/g)			Contenido bacteriológico (UFC/g)		
	Levaduras filamentosas potencialmente patogénicas y alergogénicas	Hongos	Dematófitos	Coliformes totales	<i>E. coli</i>	Enterococos
06.09.2010	<1,0x10 ¹	ND	ND	<1,0x10 ¹	<1,0x10 ¹	<1,0x10 ¹
VMA	60	85	15	100	20	20
VMR	30	70	1	5	1	1

Leyenda

<VMR		No detectado
Excede VMA		
Entre VMA - VMR		
No monitorizado		
ND		No detectado

HISTORIAL Y CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ARENA

PARÁMETROS FÍSICO/QUÍMICOS

	09-08-2010	18-05-2011
Nitratos (NO ₃)	<2(LQ) mg/L	<2,00(LQ) mg/L
Nitrógeno total	<5(LQ) mg/L	<0,10(LQ) mg/L
Hierro	4,6 x 10 ² (LQ) mg/L	<0,0020 (LQ) mg/L

TABLA 1.2. FICHA DE DATOS RELACIONADOS CON LA LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE BAÑO

Localidad Porto da Caloura

Concelho Lagoa
Freguesia Água de Pau

Clasificación (POOC) 2
Capacidad de carga 164
Área de solarium (m²) 949
Área de baño (m²) 88

Localización geográfica de la ZB, incluyendo sus límites

- 1 - x 632606,8; y 4175063,4
- 2 - x 632616,5; y 4175075,9
- 3 - x 632582,7; y 4175116,6
- 4 - x 632570,5; y 4175116,6

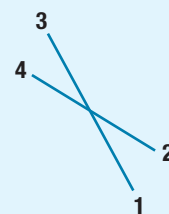


Imagen de la ZB, indicando extensión, infraestructuras, etc.



Localización territorial

- Comunidad autónoma
- Provincia
- Isla
- Municipio
- Localidad
- Otros

Características

- Tipo: marítima, interior
- Temporada
- Demarcación geográfica
- Otros

Punto de muestreo

- Coordenadas UTM
- Etc.

DESIGNACIÓN DE NUEVAS ZONAS DE BAÑO

Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC)
Colabora: Tanausú Cruz Martín

A2



INTRODUCCIÓN

Según el RD 1341/2007 sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño (transposición de la Directiva 7/2006) se define a éstas como:

“cualquier elemento de aguas superficiales donde se prevea que puedan bañarse un número importante de personas o exista una actividad cercana relacionada directamente con el baño y en el que no exista una prohibición permanente de baño ni se haya formulado una recomendación permanente de abstenerse del mismo y donde no exista peligro objetivo para el público”.

Además considera:

Número importante de bañistas: número mínimo de usuarios que la autoridad competente considere relevante, habida cuenta, en particular, de las pautas pasadas, de la existencia de infraestructuras o instalaciones, o de cualquier otra medida adoptada a fin de promover el baño.

Periódicamente la autoridad sanitaria regional junto con los responsables municipales se reúne y acuerdan revisar y actualizar el listado de zonas de baño autorizadas.

Canarias por su geografía y condiciones climáticas tiene un uso muy intenso de la costa en lo que se refiere a uso recreativo y de baño. Canarias dispone de 1144 km de costa, de los cuales unos 257 km corresponden a las playas. Este uso intenso, junto con la mejora de infraestructuras de saneamiento, ha generado una continua designación de nuevas zonas de baño, pasando de 39 zonas designadas en 1990 a 165 en 2012.

La designación de zonas de baño (ZB) es un proceso en evolución ya que se pueden originar nuevas ZB por ejecución de infraestructuras en las costas generando nuevas playas o por nuevas pautas de uso por la población local.

En este proceso sí es relevante e importante tener un criterio definido para considerar cuando una playa pasa a considerarse una ZB, en base a qué se considera un número importante de bañistas, a que no exista riesgo biológico y

que exista una promoción y/o gestión activa por parte del ayuntamiento en relación al baño.

Por tanto, en esta actividad el ITC, con la coordinación de la Dirección General de Salud Pública del Gobierno de Canarias, ha tenido como objetivo identificar nuevas playas con potencialidad de ser designadas como nuevas ZB y elaborar un protocolo regional para la designación de éstas.

METODOLOGÍA

Para realizar el estudio de identificar potenciales nuevas ZB se procedió en primer lugar a consultar a la autoridad sanitaria competente y posteriormente se consultó a los ayuntamientos costeros de la isla de Gran Canaria. Además se consideraron otros criterios como:

- Densidad de usuarios.
- Tipo usuario: local o turista.
- Grado polución: afección por vertidos o escorrentía.
- Temporada baño: corta o larga.



Foto 2.1. Playa de Castillo de Romeral – San Bartolomé de Tirajana. Gran Canaria (Canarias)



Foto 2.2. Playa de Bahía de Formas – Santa Lucía. Gran Canaria (Canarias)

Se seleccionaron las siguientes playas: Aquamarina, Aguadulce, Bahía de Formas, Arguineguín y Castillo de Romeral, para su incorporación en un plan de seguimiento de la calidad de sus aguas de baño.

Dicho plan se ejecutó desde junio de 2011 hasta julio de 2012. Las tomas de muestras de agua se realizaron con periodicidad quincenal. Los puntos de toma de muestras se fijaron donde existía una mayor afluencia de bañistas mediante coordena UTM. Los parámetros analizados, *E. coli* y enterococos intestinales se analizaron con las metodologías dispuestas en la Directiva de aguas de baño, basadas en normas ISO. En cada muestreo se realizó una inspección visual del agua, de la arena y de las instalaciones de la playa. Además se evaluó la presencia de animales domésticos o de otro tipo.

Para la elaboración de la propuesta sobre el protocolo regional para la designación de nuevas ZB, se procedió a consultar protocolos similares existentes en otras regiones nacionales e internacionales, información previa de proyectos en los que el ITC había participado y la opinión y recomendaciones de expertos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la elaboración del protocolo regional sobre designación de nuevas ZB, además de los criterios relativos a la calidad del agua dispuestos en la Directiva, se propusieron criterios mínimos y adicionales relativos a la gestión. Estos requisitos son los siguientes:

Requisitos mínimos:

- N° importante de bañistas en la temporada de baño: 50-150.
- Accesos a la playa adecuados y sin peligros para los usuarios.
- Servicio de limpieza de playa con contenedores.
- Prohibición específica de acceso a animales domésticos.
- Paneles de información relativos a la gestión por parte del ayuntamiento.

Requisitos adicionales y deseables:

- Control previo o estudios de la calidad de las aguas, por parte del municipio.
- Existencia de aseos/ balneario.
- Disponibilidad de equipo de salvamento y/o socorristas.
- Presencia de negocios comerciales.
- Rutas de acceso a la playa señalizadas.
- Aparcamiento.

De forma paralela y una vez finalizado el plan de seguimiento de las playas seleccionadas se procedió a evaluar la calidad de las aguas. Para ello, una vez analizadas las muestras de agua y procesados los datos se calculó el percentil 95 de los valores microbiológicos obtenidos y se procedió a clasificar la calidad de las aguas de las playas evaluadas, conforme a los criterios establecidos en la Directiva. Según estos resultados (Tabla 1) todas las playas evaluadas se clasifican como excelente salvo la playa de Aguadulce cuya clasificación fue buena.

TABLA 2.1. VALORES DE PERCENTIL 95 DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y CLASIFICACIÓN DEL AGUA

Playa	<i>E. coli</i> (ufc/g)	Enterococos intestinales	Clasificación
Aguadulce	296	19	Buena
Bahía de Formas	94	46	Excelente
Castillo del Romeral (punto 1)	25	15	Excelente
Castillo del Romeral (punto 2)	8	6	Excelente
Aquamarina	152	20	Excelente
Arguineguín	163	17	Excelente


A partir de esta evaluación y considerando los criterios arriba propuestos para la designación de nuevas zonas de baño, se procedió a realizar la clasificación de las playas estudiadas como posibles nuevas ZB. De forma general, como muestra la Tabla 2, las playas de Aguadulce y Bahía de Formas, a pesar de tener una buena calidad del agua, incumplirían en al menos la mitad de los criterios establecidos para la designación de nuevas ZB, por tanto tendrían que realizar una mejora en infraestructuras para poder considerarla como una ZB. Las playas de El Castillo del Romeral y Arguineguín cumplen con más de la mitad de los criterios establecidos y por tanto se podrían declarar como nuevas ZB, aunque se aconseja que realicen unas pequeñas mejoras. La playa de Aquamarina cumple con todos los criterios establecidos para la designación de nuevas ZB.

TABLA 2.2. PROPUESTA DE NUEVAS ZONAS DE BAÑO

Playa	Criterios de gestión	Criterios de calidad agua	Posible ZB
Aguadulce	No	Buena	No
Bahía de Formas	No	Excelente	No
Castillo de Romeral (punto 1)	Sí	Excelente	Sí**
Castillo Romeral (punto 2)	Sí	Excelente	Sí**
Aquamarina	Sí	Excelente	Sí
Arguineguín	Sí	Excelente	Sí*

*Necesita importantes mejoras en infraestructuras.

** Se recomiendan mejoras de gestión en la zona.

A petri dish containing a light-colored agar medium with several small, white, circular fungal colonies scattered across the surface.

TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE HONGOS EN ARENAS Y VALIDACIÓN DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN AGUA DE MAR

Vanessa Millán Gabet, Dra. Juana Betancort Rodríguez (ITC)
Colabora: Tanausú Cruz Martín

A4



INTRODUCCIÓN

El desarrollo y realización de análisis de control microbiológico es una herramienta básica e indispensable para la salud pública. Es por ello que, tanto los métodos de ensayo, como los laboratorios que realizan los análisis, deben ser capaces de asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos. Esto implica que, además de reunir los criterios técnicos que aseguren su validez, deben poder ser reproducibles y realizados con una serie de garantías que permitan obtener resultados comparables con independencia del laboratorio que los ejecute. En el control sanitario de las aguas este hecho es básico y en los Archipiélagos de la Macaronesia aún más, debido a que el territorio obliga a tener laboratorios en cada una de las islas, para realizar los controles de las aguas pertinentes. La fragmentación del territorio y por lo tanto, la de los servicios condiciona, encarece y dificulta aún más la implantación de sistemas de calidad que aseguren a los laboratorios de control la calidad de los resultados obtenidos y a las autoridades, las medidas de gestión que se tomen en función de estos resultados.

La Directiva 2006/7/CE relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño, especifica los métodos de análisis a emplear, haciendo referencia explícita a normativas ISO. En este ámbito la norma internacional que aplica a los laboratorios de control a nivel internacional es la norma UNE-EN ISO/IEC 17025. Dicha norma en su apartado 5.4.2 establece que “El laboratorio debe utilizar métodos de ensayo que satisfagan las necesidades del cliente y que estén debidamente validados”. La validación de un método de análisis es una labor de suma importancia para los laboratorios de control que deben implantar un sistema de gestión de la calidad acreditado o no. Esta norma incorpora los conceptos de validación y Cálculos de Incertidumbres que precisan un tratamiento especial en el campo microbiológico, dadas las especiales características del mismo por lo que el esfuerzo que el personal técnico debe hacer es mayor.

En este marco, esta actividad planteó la realización de dos cursos teórico-prácticos. El primero de ellos enfocado a las técnicas de identificación de hongos en arenas y el segundo sobre validación de ensayos microbiológicos en aguas de mar. Ambos cursos se plantearon con el firme objetivo de formar, o complementar la formación, de técnicos de laboratorios de control, para cumplir los requisitos impuestos por Directivas y Normativas ISO, mejorando por lo tanto, la eficiencia y la competitividad de los laboratorios de las regiones ultraperiféricas.

Foto portadilla: Placa de hongos procedentes de muestras de arena obtenida en el curso de identificación de hongos en arenas.



Foto 4.1. Alumnos y docentes del curso de Validación de Ensayos Microbiológicos en Aguas celebrado en el ICCM – Diciembre 2011 (Canarias)

METODOLOGÍA

Ambos cursos se definieron con un alto contenido práctico, estructurando la formación en unas clases de impartición de contenidos teóricos y unas sesiones prácticas en laboratorio en la que hacer los ensayos pertinentes.

La impartición de las clases teóricas corrió a cargo de profesionales que desarrollan su labor como responsables de laboratorios acreditados o como auditores de calidad de instituciones reconocidas. En las sesiones prácticas además participaron el personal del Laboratorio de Aguas del ITC y se contó además con la colaboración de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y el Instituto Canario de Ciencias Marinas que cedieron las aulas en las que impartieron los cursos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la realización de los cursos de Identificación de hongos en arenas se contó con la colaboración de la DRMA de Azores y el curso fue impartido por la Dra. Valentina Melo Dos Santos del Lab. Regional de Veterinaria de Azores (acreditado por IPAC (Lo520)). El programa de contenidos se presenta en la Figura 4.1.



Foto 4.2. Alumnos y docentes de la primera edición del curso de Identificación de hongos en arenas celebrado en la ULPGC – Septiembre 2010 (Canarias)

Dada la novedad e interés de este curso se celebraron dos ediciones del mismo. La primera dirigida al personal técnico de los laboratorios de Salud Pública y celebrado en septiembre de 2010. La segunda edición se dirigió al personal de laboratorios de análisis, privados y públicos, con experiencia en el análisis microbiológico y se celebró en julio de 2012.

El curso denominado “Validación de Ensayos Microbiológicos en Aguas” fue impartido por Jordina Faurat (auditora de Sistemas de Calidad, Dept. d’Agricultura Ganaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya) y por Estefanía Escartin (Directora Técnica del laboratorio SPM Controler). El programa de contenidos se definió entre las profesoras y el personal técnico del Dpto. de Agua del ITC (Figura 4.2). Este curso estuvo dirigido a Jefes de Laboratorio, Responsables de Calidad y Técnicos de laboratorio de centros públicos, privados y de investigación y personal interesado en dirigir su carrera profesional en las áreas de calidad en microbiología.

Este curso se impartió en las aulas prácticas del ICCM, durante los días 30 de noviembre y 1 y 2 de diciembre de 2011, con un total de 16,5 horas lectivas.

Como resultados de esta actividad en el proyecto, 26 personas han logrado aumentar su formación en técnicas analíticas innovadoras de forma gratuita. Los beneficiarios de esta acción no sólo lo han constituido las propias personas



Foto 4.3. Alumnos y docentes de la segunda edición del curso de Identificación de hongos en arenas celebrado en la ULPGC – Julio 2012 (Canarias)

sino además las instituciones o empresas a las que representan, siendo un total de 5 Instituciones públicas y 12 Laboratorios privados los beneficiarios. Por otro lado se ha conseguido mediante el desarrollo de los trabajos el disponer de 3 metodologías para el control de la contaminación microbiológica.

Al final de los cursos, los asistentes mediante encuestas de evaluación de la actividad, mostraron su alto grado de satisfacción tanto en los contenidos teóricos como en los prácticos, demandando a su vez mayor formación técnica especializada de carácter práctico.

De forma indirecta y como conclusión, esta actividad formativa contribuye directamente a disponer en Canarias de una mayor oferta analítica y a una mayor capacitación del personal técnico empresarial o institucional. Además refuerza, aún más, la cooperación entre los laboratorios regionales, entre las instituciones locales y las regionales Azores-Canarias.

FIGURA 4.1. PROGRAMA DE LOS CURSOS SOBRE IDENTIFICACIÓN DE HONGOS EN ARENAS**Día 1 - Presentación e introducción al curso**

Presentación y bienvenida	9:00 - 9:10
Toma de muestras: preparación micológico: medios de cultivo, diluyentes, siembra, incubación. Preparación análisis microbiológico	2 h
Introducción	2 h
Los hongos como un Reino	
Características morfológicas y fisiológicas	
Reproducción	
Marco legal (Directiva 2006/7/EC)	
Parámetros micológicos a buscar por el método de siembra por esparcimiento basado en Bernard et al., 1989	3 h
Principales agentes patógenos presentes en arenas: hongos dermatofitos, indicadores de intervención animal y humana	
Hongos filamentosos potencialmente patogénicos y alergénicos, indicadores de carga orgánica residual	
Levaduras, indicadores de contaminación fecal	

Día 2 - Identificación micológica de hongos aislados

Contenidos teóricos	3 h
Examen cultivo	
Examen microscópico	
Identificación de levaduras por API	
Práctica: identificación microscópica de hongos filamentosos, levaduras y dermatofitos	4 h

Día 3 - Identificación micológica de hongos ya aislados (cont.)

Identificación microscópica de hongos filamentosos, levaduras y dermatofitos	3 h
Presentación e interpretación de resultados	

FIGURA 4.2. PROGRAMA DEL CURSOS SOBRE VALIDACIÓN DE ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS EN AGUAS**PROGRAMA****Día 1**

Concepto de validación, planificación y diseño experimental: métodos microbiológicos de aguas (NMP + FM), requisitos normativos, medios de cultivo, cepas y materiales de referencia.

Práctica: Explicación del protocolo del ensayo

- Preparación de MRC
- Explicación de la siembra en muestra de agua potable y contaje por NMP
- Explicación de la siembra en muestra de agua de mar y contaje por FM

Desarrollo del ensayo en el laboratorio: práctica de preparación e inoculación de las muestras y del MRC. Desarrollo de métodos.

Día 2

Expresión y evaluación de los resultados en análisis microbiológicos.

Validación de métodos cuantitativos: exactitud, precisión, sensibilidad y especificidad.

Práctica: lectura de placas y pruebas de confirmación bioquímica

Día 3

Cálculo de incertidumbres. Aseguramiento de la calidad de los resultados.

Práctica: recuento y confirmación bioquímica. Exposición de resultados por grupos. Clausura y entrega de certificados.

ESTUDIO DE LA CALIDAD SANITARIA DE ARENAS EN PLAYAS

**Dra. Elizabete Pereira, Dr. Celso Figueira, Dr. Nuno Aguiar,
Dra. Susana Prada (UMA)**

Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC)

Colabora: Tanausú Cruz Martín

A5



INTRODUCCIÓN

Las playas son un producto turístico muy solicitado, siendo las playas de arena las más frecuentadas para actividades recreativas. Uno de los principales criterios de los bañistas para elegir una playa es su calidad ambiental, ya sea a través de la observación de una arena y agua limpias, como mediante la consulta de los resultados de los análisis microbiológicos de las aguas de baño, uno de los pocos datos disponibles para los usuarios en relación con su estado sanitario y ambiental.

La Directiva 2006/7/CE de la UE requiere la protección, conservación y mejora de la calidad de las aguas de baño y sus alrededores, la protección de la salud de los usuarios y la detección y prevención de las fuentes de contaminación. Por lo tanto, es importante no sólo proporcionar un control de calidad de las aguas, sino también estudios y análisis microbiológicos de las arenas con el fin de evaluar su calidad teniendo en cuenta el riesgo asociado de infección o contaminación de las aguas de baño adyacentes.

La mayoría de los microorganismos presentes en la arena son de origen ambiental (suelo, plantas, agua) pero también pueden ser de origen animal o humano, entre los que se incluyen bacterias, hongos, parásitos y virus. En esta diversa microbiota también pueden encontrarse algunos organismos potencialmente patógenos por contacto directo, por lo que se ha mostrado una mayor preocupación con las arenas de playa como un reservorio o vector de posibles infecciones (OMS, 2003).

Tanto la arena como el agua de una playa pueden compartir las mismas fuentes de contaminación, como pueden ser los excrementos de animales (perros, aves marinas, etc.), los vertidos incontrolados de aguas residuales y las avenidas por lluvias intensas. Sin embargo, la arena recibe en mayor medida la contaminación directa del hombre por residuos, que en muchos casos supone una fuente de nutrientes que favorece la proliferación de microorganismos. Los hongos (levaduras y mohos) junto con las bacterias representan dos de los grupos más importantes de microorganismos potencialmente peligrosos para la salud humana que podemos encontrar en las arenas de playa, por lo que un riguroso conocimiento sobre los riesgos potenciales de los mismos es necesario para la adecuada protección de las zonas de baño y de recreo.

Dentro del proyecto CARMAC, la Universidad de Madeira y el ITC han llevado a cabo el estudio y seguimiento de la calidad de las arenas de playa de Madeira y Canarias, para la identificación y cuantificación de microorganismos y hongos indicadores de calidad para las arenas de estas playas.

METODOLOGÍA

En Madeira se seleccionaron 15 playas: Prainha, Porto da Cruz, Nova, Areeiro, Laje, Banda d'Além y Calheta Este e Oeste en la isla de Madeira y las playas de Penedo, Ribeiro Cochino, Cabeço, Lagoa, Calheta, Fontinha y Ribeiro Salgado, en la isla de Porto Santo. En Canarias se seleccionaron las playas de Bocabarranco, El Puertillo, Las Canteras, La Laja, La Garita, Bahía de Formas, Playa del Inglés, Arguineguín y Aquamarina, todas ellas en la isla de Gran Canaria.

Las muestras se tomaron en la zona seca, donde hay una mayor densidad de usuarios. Cada muestra se recogió asépticamente en la superficie de tres puntos equidistantes y paralelos a la línea de costa (Figura 5.1), de manera que se obtuvieron muestras representativas de cada playa.

Las muestras se analizaron en el laboratorio para determinar la presencia de bacterias y hongos que se detallan en la siguiente tabla:

TABLA 5.1. PARÁMETROS ANALIZADOS EN LAS ARENAS DE PLAYA

Parámetros micológicos			Parámetros bacteriológicos
Levaduras	Hongos filamentosos potencialmente patógenos y / o alergénicos	Dermatófitos	
<i>Candida albicans</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Trichophyton sp.</i>	Bacterias coliformes
<i>Candida sp.</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Microsporium sp.</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>Cryptococcus neoformans</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Epidermophyton sp.</i>	Enterococos intestinales
Otras levaduras	<i>Chrysosporium sp.</i>		
	<i>Fusarium sp.</i>		
	<i>Scytalidium sp.</i>		
	<i>Scedosporium sp.</i>		
	<i>Scopulariopsis sp.</i>		
	Otros hongos		

Los hongos dermatófitos fueron identificados micro y macroscópicamente una vez crecido en medios de cultivo específicos. El conteo e identificación de bacterias se lleva a cabo mediante la técnica de NMP utilizando sustratos cromogénicos y fluorogénicos de la casa comercial IDEXX.

FIGURA 5.1. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DE ARENA





Foto 5.1. Placa de crecimiento obtenida en laboratorio

Durante dos años consecutivos se recogieron muestras de arena de las playas de Madeira y Porto Santo. Los muestreos se llevaron a cabo desde junio a septiembre de 2010 y de abril a septiembre de 2011. En Canarias se realizaron desde marzo del 2011 hasta junio del 2012. Entre ambas regiones se recolectaron un total de 148 muestras.

Para evaluar la calidad de las arenas se utilizaron los valores máximos recomendados (VMR) y admisibles (VMA), de acuerdo con el informe final del proyecto “Evaluación de la Calidad de las arenas de las zonas de baño”, realizado en 2006 por el Instituto Nacional de Salud Dr. Ricardo Jorge (Tabla 2).

TABLA 5.2. VALORES MÁXIMOS RECOMENDADOS Y ADMISIBLES EN ARENAS DE PLAYA (INSA, 2006)

	Coliformes	<i>E. coli</i>	Enterococos Intest.	Levaduras	Hongos Patogén.	Dermatófitos
VMA	100	20	20	60	85	15
VMR	5	1	1	3	5	1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambos archipiélagos los microorganismos que se presentan con mayor frecuencia fueron los hongos, con una frecuencia del 72% y del 82% de las muestras analizadas en Madeira y Canarias respectivamente. La presencia de bacterias es inferior, no superando el 20% de las muestras en ambos archipiélagos. No se detectó la presencia de ningún tipo de microorganismo en un 25% de las muestras de Madeira y en un 17% de las muestras en Canarias.

Con respecto a la presencia de hongos, se encontró que el grupo de hongos filamentosos es el más numeroso, presente siempre en más del 60% de las muestras analizadas y detectados en todas las playas en estudio. Las especies de hongos identificados pertenecieron principalmente al género *Penicilium* en Madeira y a los géneros *Aspergillus* y *Penicilium* en Canarias.

La presencia de levaduras en las arenas fue ligeramente superior en Canarias (30%) que en Madeira (24,3%), siendo *Candida* sp. el género más representativo en Madeira, mientras que en Canarias lo fueron los géneros *Cryptococcus* sp., *Candida* sp. y *Rhodotorula* sp.

Respecto a la detección de hongos dermatofitos, su presencia es puntual en ambos archipiélagos. Se identificaron sólo 5 colonias del género *Trichophyton* sp. en Madeira y 3 colonias de los géneros *Trichophyton* sp. y *Epidermophyton* sp., en Canarias. Estos tipos de hongos se detectaron en los meses de agosto o con gran afluencia de bañistas.

Al comparar la flora micológica de las arenas de las distintas playas, se encontraron similitudes en la composición de las especies ya que, aunque se encontraron especies en común en las diferentes playas, la composición específica y las diferencias en las frecuencias sugieren una variación entre las comunidades como consecuencia de las características bióticas y abióticas de cada playa.

La presencia de bacterias en las arenas fue menos importante que la de los hongos ya que se detectaron en menos del 20% de las muestras analizadas en cada región. Los enterococos intestinales y las bacterias coliformes fueron las bacterias que se detectaron en un porcentaje más alto y en mayor concentración, en las muestras, observándose además una fuerte asociación entre ambos parámetros. Por el contrario, *E. coli*, a pesar de mostrar una correlación positiva con el número de coliformes se encontró siempre a concentraciones muy reducidas durante el período de análisis; la concentración máxima observada fue de 3 ufc/g de arena. La temperatura, la salinidad y la luz solar son los tres factores que más afectan a la supervivencia de los dos indicadores fecales. Hay que tener en cuenta que, mientras que los enterococos son naturalmente

más resistentes a los cambios en el medio ambiente (pH, temperatura, salinidad, etc.), *E. coli* es más susceptible a la deshidratación y a la radiación solar. Algunos autores afirman que los enterococos poseen mayor resistencia, tanto en el agua como en la arena y, por lo tanto, su tasa de supervivencia es también más alta, siendo considerado un indicador más apropiado de contaminación fecal.

Al evaluar la calidad sanitaria de las arenas de playa, comparando los valores guía (Tabla 2), con los resultados obtenidos, un gran porcentaje (un 73,3% en 2010 y un 96,6% en 2011) de las muestras de Madeira quedó clasificada con buena calidad bacteriológica en ambos años. El menor porcentaje observado en 2010 puede atribuirse a la inundación que afectó a la isla de Madeira en febrero de ese año. En determinadas playas se observó una mejora en la calidad de las arenas a lo largo de los meses, de manera que al final de la temporada de verano (septiembre), todas las arenas de la playa tenían buena calidad bac-

teriológica y sólo 6 presentaron parámetros micológicos de calidad aceptable. Se cree que esta mejora de la calidad está relacionada con las extensas maniobras de limpieza de desechos por arrastre del agua de lluvia de la tormenta que afectó a la isla de Madeira ese año.

En Canarias de forma general, ninguna playa superó de forma continua los VMA, pero sí en muestreos puntuales.

En conclusión, el establecimiento de valores de referencia en arenas para los parámetros indicadores existentes, tal como se aplica a las aguas de baño, puede ayudar a clasificar y comparar las playas de arena,

ofreciendo información a los usuarios y a las autoridades sobre el deterioro de su calidad. La selección de indicadores y el establecimiento de una metodología común es muy importante de cara al futuro para fijar unos valores guía internacionales. Hay que destacar además que la actitud de los usuarios y bañistas puede afectar a la calidad de las playas (arena y agua), siendo los factores que más influyen en su calidad la afluencia de usuarios, la basura dejada en la arena y la presencia de heces de animales domésticos.

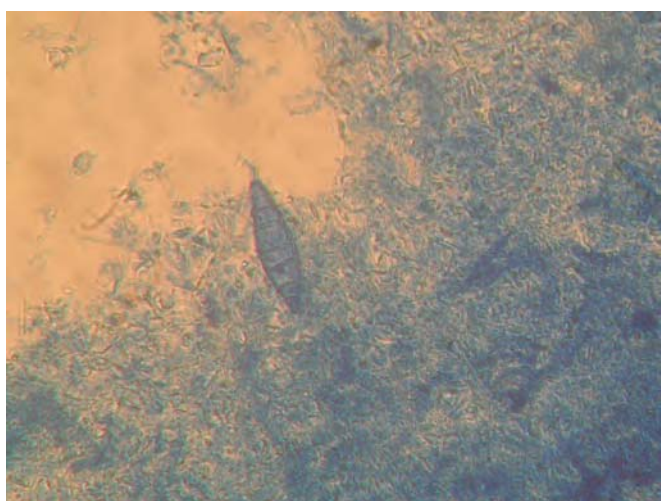
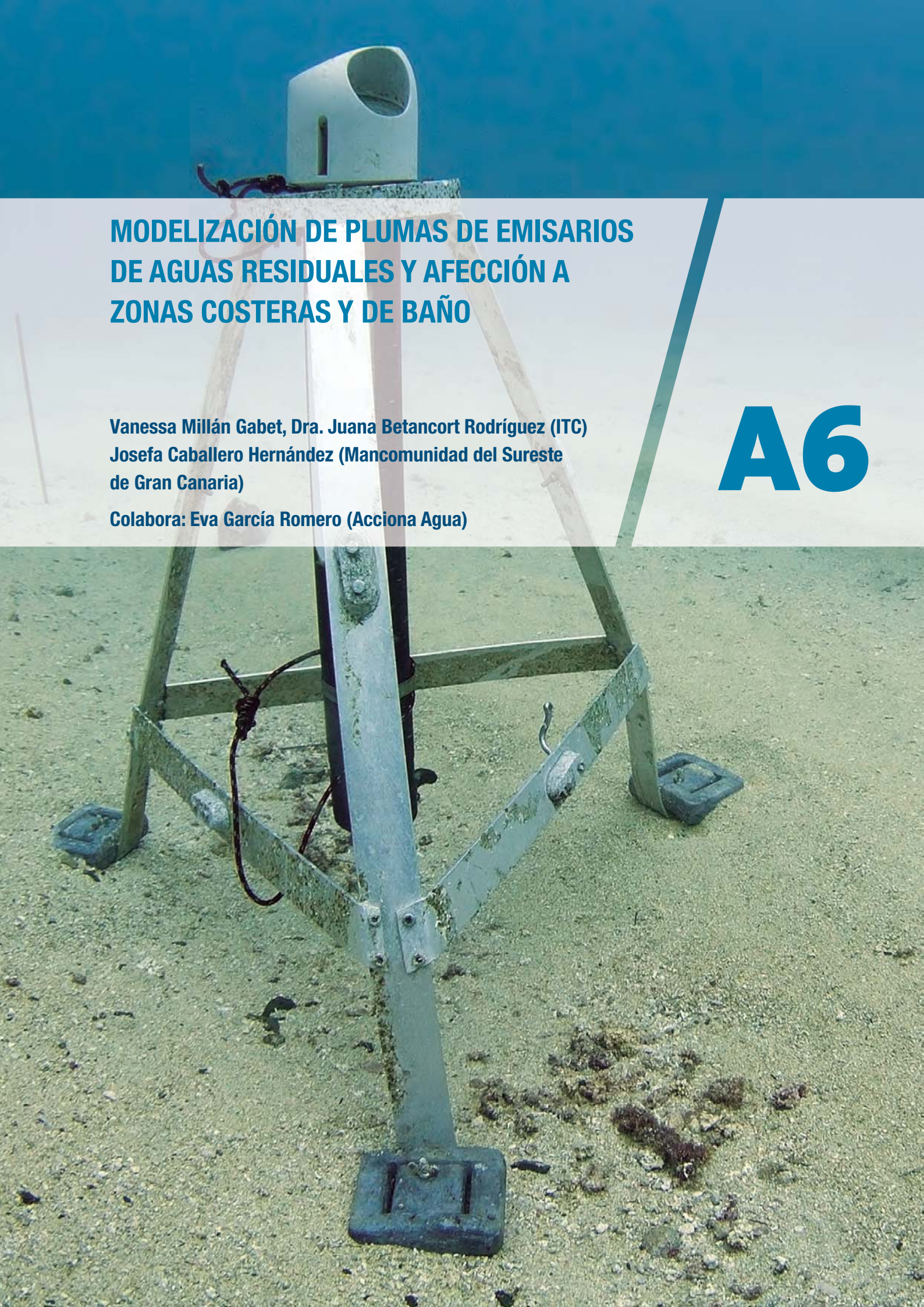


Foto 5.2. Vista microscópica de un hongo dermatófito aislado de la arena

A tripod-mounted instrument, likely a water level gauge or tide gauge, stands on a sandy beach. The instrument has a white cylindrical top with a circular opening. The tripod is made of metal and has three legs with flat feet. The background is a clear blue sky and a sandy beach.

MODELIZACIÓN DE PLUMAS DE EMISARIOS DE AGUAS RESIDUALES Y AFECCIÓN A ZONAS COSTERAS Y DE BAÑO

**Vanessa Millán Gabet, Dra. Juana Betancort Rodríguez (ITC)
Josefa Caballero Hernández (Mancomunidad del Sureste
de Gran Canaria)**

Colabora: Eva García Romero (Acciona Agua)

A6

INTRODUCCIÓN

El medio marino suele ser el destino final de las aguas residuales, depuradas o no, en las zonas costeras, convirtiéndose esta circunstancia en una de las principales causas de contaminación microbiológica en estas áreas. Es por ello que en Canarias, donde la economía está principalmente basada en el turismo, sea de vital importancia mantener y mejorar la calidad de las aguas de baño.

En este sentido, la Directiva de Aguas de Baño (2006/7/CE) promueve una gestión activa y preventiva de las mismas con el doble objetivo de velar por la salud de los bañistas y de preservar, proteger y mejorar la calidad de las aguas de baño. Uno de los aspectos fundamentales de esta nueva filosofía es la evaluación del riesgo de contaminación microbiológica de las zonas de baño y, en función de ésta, establecer unas medidas de gestión adecuadas para responder de manera óptima y a la mayor brevedad posible en caso de riesgo de vertido de aguas residuales en costa.

Para el cumplimiento de este requisito, y dado que en la actualidad no es posible determinar de manera inmediata concentraciones de bacterias en agua, una de las soluciones con más ventajas para prever la contaminación microbiológica es el uso de modelos de simulación de vertidos. Se trata de una herramienta muy útil para el estudio de la hidrodinámica costera y la consecuente dilución y dispersión de contaminantes en el medio marino, por lo que se vienen aplicando tanto para predecir los impactos que un vertido puede tener en la calidad de las aguas costeras, así como para predecir estrategias de vertido y ubicación de descargas.

El proyecto CARMAC para dar respuesta a esos requisitos de la Directiva, ha planteado como objetivo de esta actividad la evaluación y predicción de los posibles efectos contaminantes que un vertido de aguas residuales podría ejercer en las zonas costeras y de baño mediante la realización de simulaciones del comportamiento del mismo bajo diferentes escenarios climáticos y/o de vertido. Para poder llevar a cabo este estudio han colaborado la Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria y el Dpto. de Agua del ITC, ubicando el estudio en la bahía de Arinaga (Aguimes, Gran Canaria).

METODOLOGÍA

Para simular el comportamiento de las bacterias *E.coli* presentes en el vertido, una vez son liberadas al medio marino a través del emisario, ha sido necesario realizar los siguientes estudios:

Foto portadilla: Correntímetro fondeado en la bahía de Arinaga, Aguimes. Gran Canaria (Canarias).

- Modelización hidrodinámica.
- Modelización del vertido.

Para la modelización hidrodinámica es necesario conocer previamente la batimetría, mareas, vientos y corrientes en la zona de estudio. Esta información es introducida en un modelo hidrodinámico para simular el comportamiento de las masas de agua en el área de estudio. Posteriormente, dicha modelización, junto con datos correspondientes al diseño del emisario y al vertido, alimentan un modelo de advección-dispersión, que da como resultado una predicción del comportamiento del vertido en el espacio y en el tiempo.

Según lo expuesto, se realizó la batimetría del área de estudio, comprendida entre la zona denominada El Zoco Negro y la Bahía de Formas y desde la línea de costa o cota 0, hasta los 40 m de profundidad (aprox. unos 2000 m mar adentro). Para ello, se realizó una campaña de toma de datos de profundidad con una sonda Lowrance LMS-480 utilizando una malla de muestreo formada por 180 transectos perpendiculares a la costa, con una separación de 15 m.

La caracterización de las mareas se llevó a cabo mediante el análisis estadístico de los datos históricos, correspondientes a los años de 2003 a 2009, del nivel del mar registrado por el mareógrafo del Puerto de Arinaga, perteneciente a Puertos del Estado, que cuenta con un sensor de presión, modelo Aanderaa. En cuanto a las corrientes marinas, se llevó a cabo el fondeo durante en diferentes periodos en 2011 de un correntímetro digital Doppler para el registro de los valores de dirección y velocidad de la corriente a diferentes profundidades, los cuales fueron posteriormente analizados estadísticamente. Los datos de dirección y velocidad del viento en la zona, se obtuvieron del análisis de los registros correspondientes a dos estaciones meteorológicas pertenecientes a la Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria.

Toda la información anterior se introdujo en el modelo hidrodinámico, HD, del software MIKE 3 (DHI), para obtener la modelización del comportamiento de las masas de agua en el área de interés.

En cuanto a las características del vertido del agua residual, se consideraron los caudales medios y máximos de la EDAR y unas concentraciones de *E.coli* características del efluente de un secundario sin desinfección, así como de un agua residual bruta. En cuanto al coeficiente de decaimiento para *E. coli* se calculó un valor para el día y otro para la noche. Para el cálculo del coeficiente de decaimiento, k , para *E. coli*, se utilizó la fórmula adoptada por el software MIKE, basada en Mancini y Gameson, en la que k es función de las principales variables medioambientales que afectan a la supervivencia de estos microorganismos, es decir, la salinidad, la temperatura y la irradiación en el medio receptor.

Además se contó con información actualizada de las características físicas (longitud, nº difusores, inclinación de los mismos, etc.) del emisario submarino.



Foto 6.1. Campaña de inspección del tramo difusor del emisario

Con todo ello, se llevó a cabo la modelización del vertido, empleando como parámetro de calidad de aguas la concentración de *E.coli* (unidades formadoras de colonias-ufc/100 ml), atendiendo a los criterios fijados por la Directiva para la clasificación de la calidad de las aguas. Para ello, se utilizó el módulo de transporte o advección/dispersión AD, también de MIKE 3, tratando *E.coli* como una sustancia no conservativa mediante una ecuación de decaimiento de primer orden.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La batimetría de la zona se representó a escala 1:1000 mediante el sistema planimétrico UTM modificado sobre el sistema de referencia WGS 84 (World Geodetic System 1984), hemisferio norte, huso 28.

Una vez analizados los datos obtenidos, en relación a las carreras de marea en la bahía de Arinaga, se determinó una carrera media de 1,4 m. Por otro lado, las condiciones climatológicas más habituales en la bahía de Arinaga, con una frecuencia del 60%, vienen dadas por la situación de alisios y están caracterizadas por una dirección para vientos y corrientes de 45° (en ambos casos, di-

rección de procedencia) y unas velocidades de 11,5 y 0,25 m/s, respectivamente. Es importante además la situación de temporal de sur, con menor frecuencia (4%), pero caracterizada por una dirección para vientos y corrientes de 220° (dirección de procedencia) y unas velocidades intensas 10 y 0,40 m/s, respectivamente.

Respecto al estudio de las características del vertido, y una vez analizados los datos registrados en la propia EDAR, el caudal medio del vertido se fijó en 550 m³/h, mientras que el caudal máximo se estimó en 750 m³/h. La concentración de *E.coli* correspondiente al efluente de un secundario sin desinfección quedó definida en 10⁶ ufc/100 ml y para el agua bruta, se fijó en 10⁸ ufc/100 ml. Considerando la salinidad y temperatura del agua de mar en la zona y a partir de los datos de radiación solar se obtuvieron para k los valores de 3,29/d y 0,92/d para el día y la noche, respectivamente. Del estudio estructural del emisario submarino (Figura 6.1) cabe destacar, que el tramo difusor lo conforman los últimos 143 m de la conducción, el cual cuenta con 18 difusores orientados de manera alternada hacia el norte y hacia el sur, separados por unos 7,5 m aproximadamente. Cada difusor tiene 250 mm de diámetro, en cuyo extremo encontramos una válvula anti-retorno.

En base a todo lo anterior, se simularon las dos condiciones climatológicas definidas, alisio y temporal de sur, tanto bajo el supuesto de que la EDAR trate las aguas residuales adecuadamente (vertido de 550 m³/h y concentración de *E.coli* de 10⁶ ufc/100 ml), como en el caso de avería y alivio de toda el agua residual bruta a través del emisario (750 m³/h y concentración de *E.coli* de 10⁸ ufc/100 ml), tal y como queda recogido en la siguiente tabla:

TABLA 6.1. ESCENARIOS PLANTEADOS PARA LA SIMULACIÓN DEL VERTIDO

Id.	Forzamientos hidrodinámicos			Variables del vertido		
	MAREA	VIENTO	CORRIENTES	CAUDAL (m ³ /h)	<i>E.coli</i> (ufc/100 ml)	k <i>E.coli</i> (1/d)
1	Media (1,4 m)	11,5 m/s; 45°	0,25 m/s; 45°	550	10 ⁶	Noche: 0,92
2	Media (1,4 m)	10 m/s; 220°	0,40 m/s; 220°	550	10 ⁶	Día: 3,29
3	Media (1,4 m)	11,5 m/s; 45°	0,25 m/s; 45°	750	10 ⁸	
4	Media (1,4 m)	10 m/s; 220°	0,40 m/s; 220°	750	10 ⁸	

En los cuatro escenarios planteados los valores de *E. coli*, obtenidos en los puntos de control establecidos por las Autoridades Sanitarias para la playa de Arinaga, son cero (ausencia de *E.coli*), lo que califica a la zona de baño como excelente, según la clasificación de la Directiva de Aguas de Baño.

En condiciones hidrodinámicas habituales de alisio y bajo los dos supuestos de caudal y concentración de *E.coli* para el vertido, se observó como la pluma

se dirige hacia el sur-suroeste forzada por los vientos y corrientes del noreste, no alcanzando en ningún momento la zona de baño.

Para la condición hidrodinámica de temporal de sur, y también para los dos supuestos de caudal y concentración de *E.coli*, se observó en este caso cómo la pluma se dirige hacia el noreste forzada por los vientos y corrientes del sur-suroeste, sin perjudicar la calidad del agua de la zona de playa.

En base a los resultados obtenidos con las simulaciones, podemos asegurar que la alta hidrodinamicidad de la bahía, junto con las características propias del medio marino (temperatura, salinidad e irradiación), hace que este vertido con una alta capacidad de ser diluido e inactivar, respectivamente, las colonias de *E.coli* presentes en el vertido.

Con la realización de este estudio, hemos comprobado cómo la modelización da respuesta a los requisitos de gestión impuestos por la Directiva de Aguas de Baño, ya que permite tener previsiones de calidad del agua de manera inmediata, en continuo y con un horizonte de horas en un área determinada.

FIGURA 6.1. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES HABITUALES AMBIENTALES Y DE VERTIDO

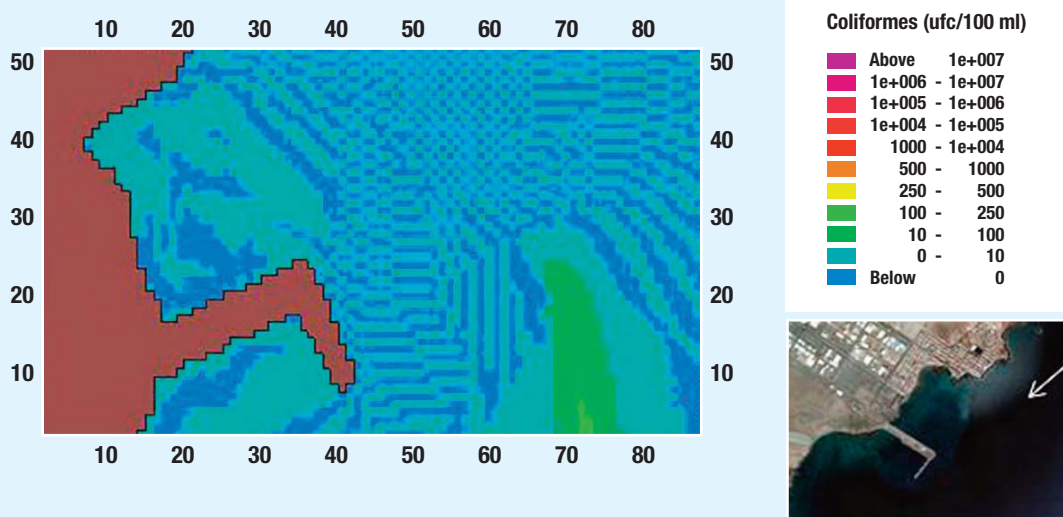
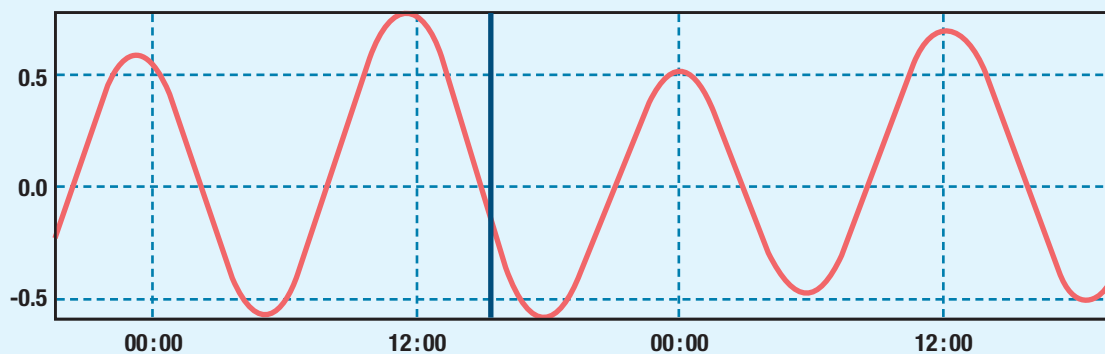
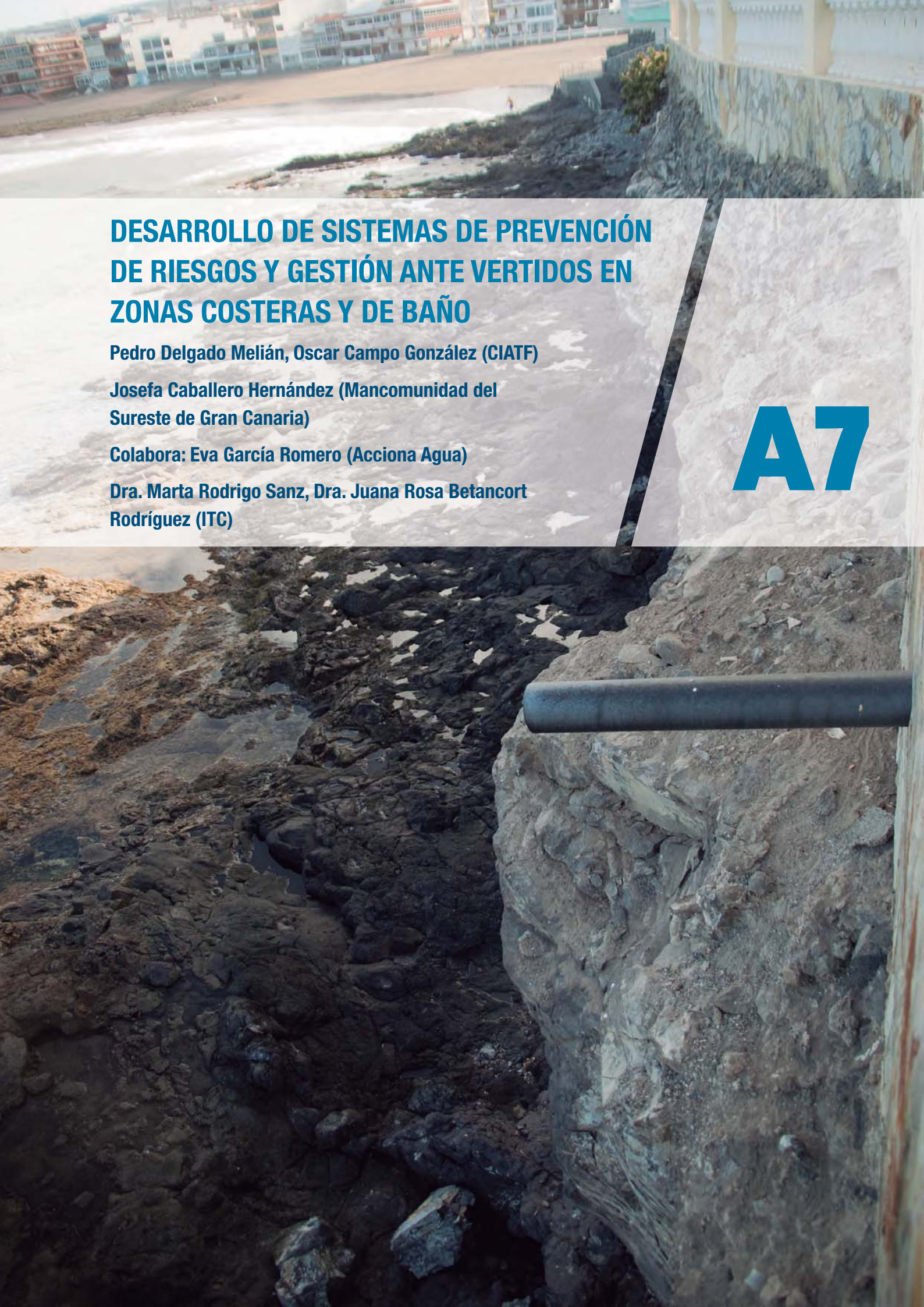


FIGURA 6.2. CICLO DE MAREAS DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO





DESARROLLO DE SISTEMAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y GESTIÓN ANTE VERTIDOS EN ZONAS COSTERAS Y DE BAÑO

Pedro Delgado Melián, Oscar Campo González (CIATF)

Josefa Caballero Hernández (Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria)

Colabora: Eva García Romero (Acciona Agua)

Dra. Marta Rodrigo Sanz, Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC)

A7

INTRODUCCIÓN

Los principales fenómenos de contaminación de las zonas costeras y de baño son debidos al vertido de aguas residuales urbanas. Parte de estos vertidos se producen en las estaciones de bombeo de aguas residuales (EBARs) situadas en la línea de costa, causados por fallos o averías (atascos, fallos mecánicos y eléctricos de los equipos) o por lluvias intensas que provocan el rebose de las mismas.

Este “vertido incontrolado” de aguas residuales es una de las principales fuentes de contaminación de las zonas costeras próximas a playas, espacios marinos protegidos, zonas de recreo náuticas, actividades acuícolas, etc. La gran afluencia de público a estas zonas requiere una garantía de calidad del agua, y un episodio de contaminación como es el vertido de aguas residuales, además de un riesgo para la salud, representa un importante agravio medioambiental y socioeconómico para las áreas afectadas.

En este contexto, y con el enfoque de la Directiva de Aguas de Baño sobre la predicción de riesgos ante fenómenos de contaminación los socios participantes, la Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria, el Consejo Insular de Aguas de Tenerife (CIATF), y el Dpto. de Agua del ITC, se plantea como objetivo analizar los sistemas de alarma desarrollados tanto a nivel europeo como internacional



Foto 7.1. EBAR en la Playa de Arinaga – Aguimes (Gran Canaria (Canarias))

para la detección y predicción de los efectos de vertidos en zonas costeras y proponer medidas de mejora a nivel regional.

METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo planteado en esta actividad, los socios consensuaron y plantearon una serie de tareas que se llevaron a cabo a lo largo del proyecto. Estas tareas fueron:

- Estado del arte de los sistemas de alarma de vertidos en zonas costeras.
- Sistemas de alarma en Canarias. Definición de requisitos.
- Propuesta de medidas de mejora sobre EBARs.

La metodología empleada para llevar a cabo las tareas fue variada: búsqueda y tratamiento de información, entrevistas a varios responsables de las instalaciones de cada uno de los socios, visitas a instalaciones e intercambio de experiencias, consultas a empresas gestoras de aguas y consultas a empresas proveedoras de servicios.



Foto 7.2. Sala de bombas en EBAR visitada (Tenerife - Canarias)

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Aunque la referencia constante en el desarrollo de esta actividad ha sido el archipiélago canario por ser la realidad más cercana y en la que más se ha profundizado, los resultados derivados de la misma son aplicables a toda la Macaronesia, y en general, a todos los escenarios costeros con similares circunstancias y usos del territorio.

Para llevar a cabo el estado del arte sobre los sistemas de alarma, el ITC realizó una búsqueda intensa de información y evaluación de la misma sobre los sistemas o metodologías que se aplican en diferentes regiones nacionales e internacionales para la gestión de los vertidos en EBARs en zonas costeras, y cómo estos sistemas implican a las autoridades municipales, a las autoridades sanitarias y finalmente a los usuarios para que hagan un uso correcto de la zona de baño.

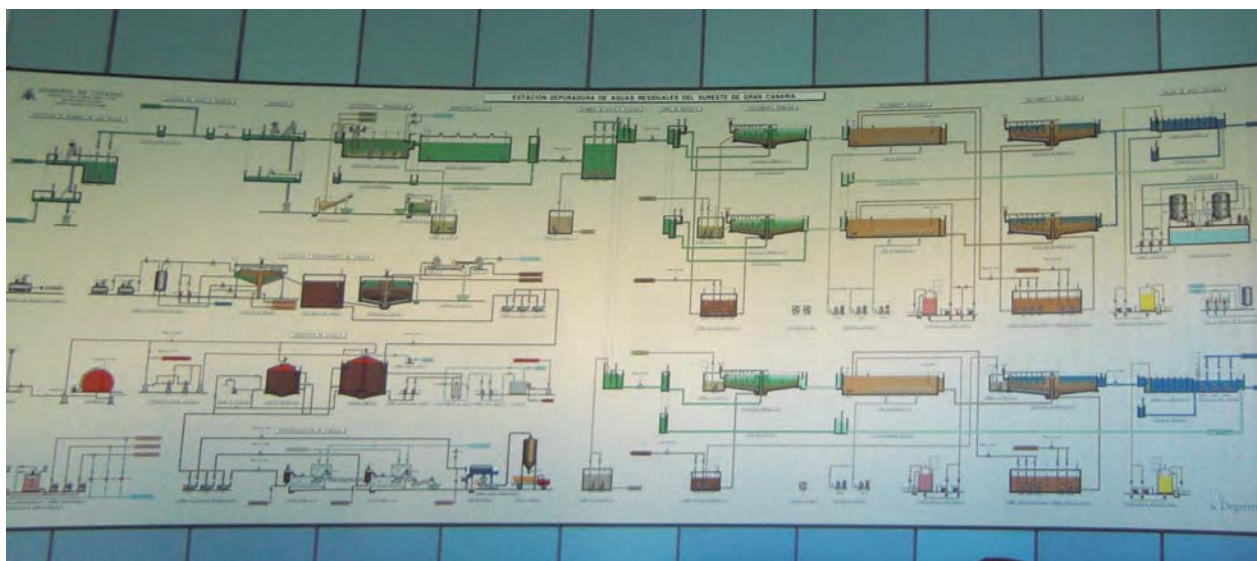


Foto 7.3. Sinóptico de EDAR con monitorización de EBARs

De forma paralela, se desarrollaron los requisitos que los sistemas de alarma deben tener en Canarias. Para ello, se contó con la experiencia diaria de técnicos especialistas en este tipo de sistemas de control y alarma en las EBARs, pertenecientes tanto a la Mancomunidad del Sureste como al CIATF, quienes definieron en un informe sus requisitos. Hubo además la oportunidad de contrastar experiencias reales durante las visitas técnicas guiadas realizadas a las instalaciones y las EBARs de ambos socios.

Por último y con la información elaborada en cada una de las tareas finalizadas, se redactó en colaboración con los socios un documento final titulado

“Sistemas de alarma para estaciones de bombeo de aguas residuales y su aplicación a la Macaronesia”. En este documento se han abordado desde estrategias de mejora en la fase de planificación y diseño de las EBARs hasta aspectos claves de la gestión. Se han tratado con más detalle todos los aspectos relacionados con los sistemas de control y alarma de las EBARs. Estos sistemas se vienen instalando cada vez en mayor número de estaciones y responden a esta demanda de prevención de vertidos en zonas costeras, ya que permiten detectar, actuar y corregir situaciones de emergencia en tiempo real que puedan dar lugar a vertidos de aguas residuales en zonas costeras. En el documento, como un aspecto más novedoso dentro de la gestión de las EBARs, se sugirió la incorporación del Índice de Criticidad Total (ICT). Se trata de un índice normalizado que se calcula tras evaluar cada instalación combinando aspectos técnicos y ambientales. Con todas las EBARs evaluadas, permite comparar los niveles de riesgo de una instalación frente a otras, y priorizar entre las que presenten valores de ICT más altos las acciones de mejora técnica (y de operación).



Foto 7.4. Programa de control de una EBARs

A modo de conclusiones a esta actividad se establece que:

- En todas las zonas costeras donde se ubiquen las EBARs, particularmente cuando estas costas incluyan zonas para actividades socio-económicas claves para el desarrollo de la población y/o un valor medioambiental añadido, es más que justificada la dotación en estas instalaciones de un sistema de control y alarma adecuado, así como la elaboración de planes de actuación, gestión y emergencia.
- El control de las EBARs mediante los sistemas de alarma ha supuesto un gran avance en la gestión de estas infraestructuras con respecto a la etapa anterior. Por una parte, como sistemas de prevención de riesgos y gestión ante vertidos brutos en zonas muy vulnerables como son las costeras, y por otra, estos sistemas en sí mismos, son potentes herramientas de información que con una visión integradora pueden y deben aportar



Foto 7.5. Visita de campo a EBARs en estudio (Tenerife - Canarias)

conocimiento a la organización en temas de optimización en el mantenimiento, costes, calidad y eficiencia del servicio prestado.

- El índice de criticidad total, integrado como una herramienta de gestión más de las EBARs, evalúa conjuntamente aspectos técnicos y ambientales, permitiendo comparar los niveles de riesgo de cada instalación frente a otras. Se priorizaran las mejoras dirigidas a minimizar el riesgo de vertido entre aquellas que presenten valores de criticidad más altos.

La experiencia y los resultados obtenidos abren la posibilidad de proyectos futuros que incluyan desarrollar en mayor grado y profundidad una “gestión integrada” de los vertidos de la red de saneamiento costera, con especial énfasis en las EBARs.

PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN DE SANEAMIENTO URBANO Y RECOMENDACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN NÚCLEOS DISEMINADOS Y ESTABLECIMIENTOS HOTELEROS DEL LITORAL

Gilberto Martel Rodríguez, Miguel Ángel Márquez Marfil (ITC)

A8



INTRODUCCIÓN

En los tres Archipiélagos de la Macaronesia europea se han detectado que la mayoría de las necesidades actuales en materia de depuración de aguas residuales son tanto a nivel de aglomeraciones urbanas aisladas como de establecimientos hoteleros. Es especialmente relevante para conservar y proteger la calidad de las zonas de baño, todas aquellas acciones e intervenciones encaminadas a promover la reutilización de aguas depuradas. Otro problema claramente identificado, y que afecta tanto a las aglomeraciones urbanas aisladas como a los establecimientos hoteleros, es la situación de numerosas depuradoras existentes mal diseñadas, cuya capacidad nominal ha sido superada o cuyo nivel tratamiento es insuficiente para satisfacer los requerimientos de calidad de vertido que garantiza la calidad de las aguas costeras receptoras.

En esta actividad se ha propuesto la elaboración de criterios e iniciativas dirigidas a optimizar los sistemas de saneamiento y depuración insulares, principalmente en lo que respecta a la adecuación de las metodologías de tratamiento a los caudales afluentes previsibles y a las características de los medios receptores finales, y con especial trascendencia sobre zonas del litoral. En este proceso han colaborado todos los socios del proyecto, recopilando y procesando la información el ITC.

En este sentido las acciones que se han desarrollado en el marco de esta actividad han sido:

1. Estudio diagnóstico del saneamiento y depuración en Madeira, Açores y Canarias.
2. Propuestas de optimización del saneamiento urbano y recomendaciones para el tratamiento de las aguas residuales en núcleos diseminados y establecimientos hoteleros del litoral.

Los objetivos planteados en esta actividad han sido:

- Exponer de forma general y comprensible la situación general del saneamiento y de la depuración en el litoral de la Macaronesia europea.
- Establecer paralelismos y diferencias entre los tres archipiélagos.
- Identificar problemas y barreras que sirvan de base para la elaboración de propuestas de mejora.
- Elaboración de iniciativas y directrices genéricas de mejora que pongan en valor los resultados seminarios y jornadas técnicas organizadas en el marco del proyecto CARMAC.



Foto 8.1. Detalle de integración de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR)

- Desarrollo de propuestas de mejora sobre la situación descrita en Madeira, Açores y Canarias.
- Difusión de las propuestas elaboradas.

METODOLOGÍA

Atendiendo a los objetivos perseguidos y mencionados anteriormente en el **Estudio diagnóstico del saneamiento y depuración en Madeira, Açores y Canarias**, para la recopilación de información se ha recurrido a la aportada por los socios del proyecto y distintas entidades colaboradoras de las Regiones de Azores, Madeiras y Canarias, así como consultado datos e información en páginas Web de distintos organismos públicos a nivel regional y estatal.

Por otra parte se recopiló información a través de un cuestionario de recogida de información sobre saneamiento y depuración en la Macaronesia europea, realizado a distintos agentes vinculados directa o indirectamente con el saneamiento y depuración en las islas. En este cuestionario se formulaban cuestiones relativas al estado del saneamiento y depuración en las islas y cómo influye éste en la calidad de las aguas de baño en el litoral, principales carencias o problemas del saneamiento y depuración, así como barreras o dificultades de tipo técnico, económico, institucional, social o de otro tipo que existen para la mejora de la situación del saneamiento y depuración en la Macaronesia europea.

Por último, se ha tenido también en cuenta la información de diagnóstico previo obtenida del Seminario participativo transnacional sobre propuestas de mejora de los sistemas de saneamiento y depuración en la Macaronesia, celebrado el 29 de octubre de 2010 en Gran Canaria.

Para el desarrollo de recomendaciones se ha establecido primero analizar los elementos de diagnóstico y propuestas que diferentes agentes de la administración pública local, regional y estatal, empresas del sector, así como usuarios y otros agentes sociales, como personas vinculadas con el mundo académico, concluyeron en seminarios participativos organizados por el proyecto CARMAC. A partir de esta información y de las diferentes actividades del proyecto se determinaron una serie de directrices o iniciativas para mejorar los sistemas de saneamiento urbano, para reducir los vertidos al mar potenciando la reutilización de aguas depuradas, para la aplicación de tecnologías de tratamiento avanzado y, por último, para potenciar el tratamiento de las aguas residuales en núcleos diseminados y establecimientos hoteleros.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el diagnóstico del saneamiento y depuración en Madeira, Açores y Canarias se concluye que si bien, el dimensionamiento entre islas es distinto, se han encontrado algunas dificultades comunes como son la orografía acentuada, pequeños aglomerados dispersos y alejados de los centros urbanos, altos costes de explotación y mantenimiento de depuradoras a pequeña escala, así como la necesidad de valorizar y gestionar los subproductos generados (lodos).

Se ha concluido que Açores es la región que se encuentra en una situación peor con unos índices de tratamiento inferiores al 30% de la población. En la región de Madeira el nivel de cobertura es bastante alto, y en el caso de Canarias se cuenta con una capacidad instalada de depuración que cubriría el 62% de la carga contaminante.

Los esfuerzos futuros para mejorar esta situación deben centrarse en el caso de Açores, prioritariamente, en abordar el saneamiento y depuración de las aglomeraciones costeras de San Miguel y Terceira que puedan afectar a zonas de baño. En el caso de Madeira es necesario estudiar el impacto y evaluación de riesgo para las zonas de baño del vertido generado en Funchal y su entorno, así como arbitrar estrategias para conseguir el tratamiento adecuado de estas aguas residuales. En Canarias el foco en la mejora del saneamiento y depuración debe centrarse, sobre todo en las islas con mayores carencias, priorizando estas actuaciones en los nuevos planes hidrológicos.

Las propuestas generales fruto de la participación en seminarios y recepción de cuestionarios para mejorar la situación del saneamiento y depuración en la Macaronesia se aglutinaron de una forma más clara en aspectos adminis-

trativos, financieros y sociales, más que en aspectos técnicos. Se destacaron como grandes líneas de estas propuestas participadas, las siguientes:

- **Coordinación institucional para la racionalización de los procedimientos administrativos.** Se trataría, en líneas generales y en primer lugar, *crear grupos trabajo* con los representantes de instituciones implicadas en saneamiento, depuración, vertido y reutilización (desde la local a la estatal). En segundo lugar, la *creación de ventanillas únicas* y la utilización de *soportes para la tramitación telemática de la información*, incluso en la que se fijen criterios básicos de diseño, de instalaciones que den como resultado las autorizaciones en plazo razonable.
- **Programación y priorización de las infraestructuras.** Las infraestructuras de saneamiento y depuración recogidas en los Planes hidrológicos se deben priorizar dados los escasos recursos económicos existentes a nivel financiero y dado la importancia que tienen, estas infraestructuras, para garantizar la calidad de las aguas de baño. Desde el sector empresarial, se incide en la necesidad de aprobación de un procedimiento reglado para determinar la internalización de los costes reales en la aprobación



Foto 8.2. EDAR visitada en el proyecto



Foto 8.3. Detalles de canalizaciones y obras hidráulicas en EDARs visitadas

de tasas del servicio de saneamiento y depuración. Esta iniciativa se acompañaría de la realización de auditorías técnico-económica obligadas que aseguren la fidelidad de los datos por entidades de control independientes.

- **Campaña informativa sobre saneamiento, depuración y reutilización.** Es necesario concienciar a la población de los riesgos que sobre la salud pública, el medioambiente, la economía y el turismo, tiene el no actuar correctamente en estos campos.
- **Otras recomendaciones:**
 - Creación en nuevas urbanizaciones, de redes separativas para la captación y aprovechamiento de aguas pluviales procedentes de cubiertas.
 - Fomento en la nueva edificación de sistemas de reaprovechamiento de aguas pluviales.
 - Con el objeto de promover la reutilización de aguas regeneradas en establecimientos hoteleros de la Macaronesia y tender hacia el vertido 0 en este ámbito, sería necesario establecer un nuevo código de buenas prácticas y usos permitidos según la tecnología de tratamiento aplicada y caudales utilizados, adaptado a la realidad insular.

EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS A PARTIR DE PROYECTOS PILOTO DEMOSTRATIVOS DE DEPURACIÓN A PEQUEÑA ESCALA PARA NÚCLEOS DISEMINADOS Y ESTABLECIMIENTOS HOTELEROS DEL LITORAL

Gilberto Martel Rodríguez, Miguel Ángel Márquez Marfil, Olivia Rivero Álamo (ITC)

Eva García, Josefa Caballero, Federico Noval Toyos (Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria)

A9



INTRODUCCIÓN

Las últimas tendencias, a nivel internacional, en la gestión de las aguas residuales de núcleos poblacionales diseminados abogan por una gestión descentralizada que favorezca la protección de la salud pública y el mantenimiento de la calidad medioambiental. En lo que respecta a las soluciones tecnológicas para las aglomeraciones peri-urbanas, áreas rurales y litorales diseminadas, en general, no hay un único sistema óptimo de tratamiento, sino que es necesario hacer un estudio particularizado en cada caso con el objeto de identificarla solución que más se adapte a las necesidades de cada población y actividad económica, con una buena relación coste eficiencia.

En la presente Actividad se planteó la evaluación de tecnologías e innovaciones tecnológicas que permitan la instalación de sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales en zonas sin conexión al alcantarillado tales como, áreas de litoral aisladas o con población dispersa o bien, como elementos complementarios de mejora de los sistemas de tratamiento existentes. De esta manera se minimiza, de paso, la extensión de las redes de saneamiento y las necesidades de transporte de aguas residuales, las estaciones de bombeo, y otras fuentes de riesgo de contaminación del litoral. En este mismo contexto se ha considerado que la reutilización descentralizada y económicamente viable puede ser una vía que incentive la minimización de los vertidos hacia el litoral especialmente desde el sector hotelero. Con la doble finalidad de promover la reutilización y minimizar la contaminación del litoral de los efluentes descentralizados, se ha pretendido evaluar la utilización de energías renovables pasivas para reducir los indicadores de contaminación fecal de los efluentes.

De esta manera se pretenden minimizar las fuentes de riesgo de contaminación del litoral como es el caso de los efluentes difusos y las redes de transporte y bombeo de aguas residuales. Asimismo, se pretende que los sistemas propuestos y estudiados se basen en una serie de criterios de sostenibilidad ambiental, funcional y económica que se pueden resumir en el reducido consumo energético o aplicación de energías renovables en el proceso; mantenimiento y explotación simples y a costes asumibles; funcionamiento eficaz y estable ante oscilaciones de caudal y carga contaminante; minimización de la generación de lodos; calidad final del efluente acorde a los requerimientos de vertido en zonas costeras y, en determinados casos, de reutilización.

Las acciones concretas establecidas han sido las de monitorización y presentación de estudio de casos de tratamiento de aguas residuales por sistemas de bajo coste energético o con tecnologías mixtas y su aplicación al litoral, la evaluación de efluentes y proyectos de tratamiento de aguas residuales orientados a promover la reutilización de aguas regeneradas en establecimientos hoteleros y el desarrollo y evaluación de proyectos piloto para la mejora de la calidad microbiológica de las aguas depuradas utilizando energías renovables pasivas (solar térmica).

METODOLOGÍA

Para la elaboración de estudios de caso de tecnologías de bajo coste energético mixtas aplicables al litoral, se abordó la monitorización y recopilación de datos de caudal y calidad de efluentes des dos sistemas de tratamiento que cumplieran con las características exigidas: la EDAR de Santa Lucía y la EDAR de Temisas, en el sureste de Gran Canaria. El primer caso contempla una combinación de tratamiento primario anaerobia con humedales artificiales de flujo vertical y horizontal (Ver Figura 9.1), mientras que el segundo caso integra una estación convencional de aireación prolongada con una humedal artificial de flujo horizontal como elemento tampón o de afino.



Foto 9.1. SDN Santa Lucía

Dado que ambas instalaciones se sitúan en zonas de interior, la propuesta metodológica se complementó con la monitorización de calidad físico-química de las aguas residuales brutas generadas en núcleos diseminados del litoral, a partir de dos estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR). Esta informa-



Foto 9.2. Vista lateral del prototipo de solar térmica para desinfección monitorizado en el proyecto

ción se complementó con la recopilación de datos meteorológicos tanto de las áreas de los estudios de caso como del litoral.

Conocido el *modus operandi* de los estudios de caso y las condiciones particulares de la situación en el litoral se realizó una primera aproximación a los sistemas de bajo coste energético a proponer para distintos escenarios, haciendo uso del asesor software desarrollado en el ámbito del proyecto CARMAC (<http://asesor.proyectocarmac.org>) y que se describe en la Actividad 10.

Complementariamente a estas tareas se emprendió la monitorización de efluentes y sistemas de tratamiento de aguas residuales en establecimientos hoteleros de las islas con el objetivo de estudiar las condiciones para promover la reutilización de aguas regeneradas y tender hacia el “vertido cero”. Para ello se han evaluado y monitorizado 3 instalaciones reales existentes en recintos hoteleros típicos del litoral de la Macaronesia, concretamente en sendos hoteles del sur de Tenerife. La campaña de toma de muestras de aguas residuales tuvo una duración mínima de un año, con una frecuencia mensual, cubriendo así toda la temporada hotelera. Se analizaron los parámetros físico-químicos más relevantes para la caracterización de las instalaciones, tanto en efluentes de pre-tratamiento como en efluentes de tratamientos secundario y terciario.

Por último, de cara a optimizar las tecnologías de depuración a pequeña escala, con la aplicación de sistemas pasivos para la mejora de la calidad micro-



Foto 9.3. Vista frontal del prototipo de solar térmica para desinfección monitorizado en el proyecto

biológica de las aguas depuradas con energías renovables, se propuso el desarrollo de un proyecto piloto de desinfección por energía solar térmica, que incluyó el desarrollo, fabricación e instalación de dos sistemas de colectores de energía solar térmica, cada uno con diferente tecnología de captación, para tratar un efluente secundario sin desinfectar de una EDAR convencional calentándolo a más de 65°C para que se iniciaría el efecto desinfectante. Con este prototipo se propusieron diversos ensayos tanto de flujo continuo como controlando el tiempo de residencia hidráulica del agua depurada en los depósitos, evaluándose en cada caso diversos indicadores físico-químicos y microbiológicos. Después de una primera evaluación de resultados se propuso un diseño de prototipo mejorado que fue implementado en la EDAR.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De los estudios de casos de tratamientos de aguas residuales con tecnologías de bajo coste energético y mixtas y del estudio de efluentes generados en litoral se han obtenido resultados que indican su posible aplicación para reducir los vertidos a las zonas costeras, siempre que se den las condiciones adecuadas.

El sistema de bajo coste energético estudiado, partiendo de una concentración en el influente que pueden ser considerada fuerte o muy fuerte (700 ± 340 mg/l de DBO_5), ha alcanzado rendimientos medios de reducción en torno a un 93% en concentración de DBO_5 , un 90% en DQO, un 98% en sólidos en suspensión, 80% en Turbidez, 56% en Nitrógeno total, 47% en Amonio y 51% en Fósforo total. Desde el punto de vista de los indicadores microbiológicos de contaminación fecal, las reducciones conseguidas están en torno a 2 ó 3 unidades logarítmicas sin desinfección, detectándose sólo en el 50% de las muestras presencia de huevos de Nemátodos intestinales, siempre en torno a 1 huevo/litro. Estos datos reflejan unos rendimientos similares, o superiores en el caso de los indicadores microbiológicos, que los obtenidos en sistemas convencionales de aireación prolongada sin desinfección. Este tipo de efluentes, sin tratamiento añadido y en caso de ausencia de huevos de Nemátodos intestinales, según Real Decreto 1620/2007, podría ser reutilizado para riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana; riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones; riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas. En caso de detectarse presencia de huevos de nematodos otros usos alternativos permitidos son estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua; riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público y silvicultura.

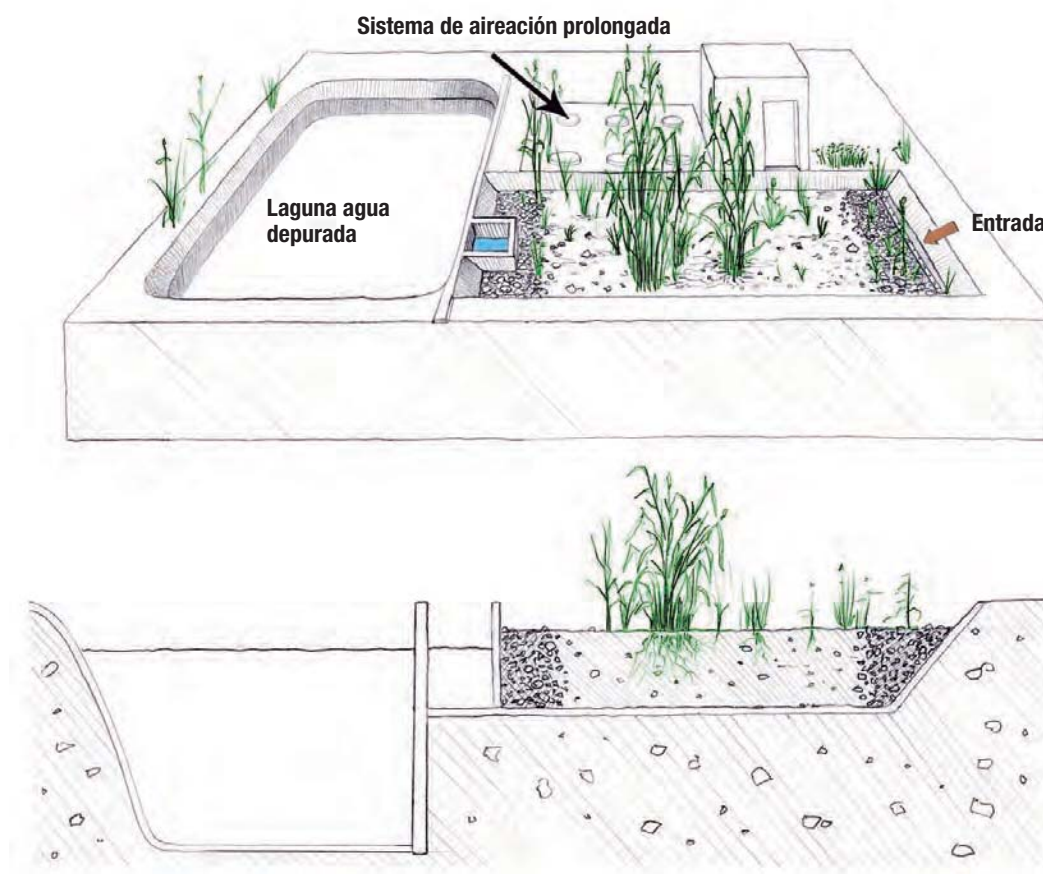
El sistema mixto (aireación prolongada + humedal de flujo horizontal) ha soportado concentraciones y fluctuaciones de carga contaminantes incluso superiores que el anterior caso. En esta ocasión el sistema convencional de aireación prolongada obtuvo rendimientos de reducción de un 85% en DBO_5 , 81% en DQO y 72% en sólidos en suspensión. La parte del efluente de la aireación prolongada que fue tratada en el humedal obtuvo reducciones añadidas de un 46% en DBO_5 , un 55% en DQO y un 64% en sólidos en suspensión. En este estudio de caso es de destacar que, durante prácticamente un año, el sistema de aireación no pudo funcionar por razones operativas, utilizándose el humedal para tratar la totalidad del influente, obteniéndose, en este caso, rendimientos de un 82% para la reducción de la concentración de DBO_5 , un 73% en DQO y un 82% en sólidos en suspensión, aunque sin alcanzar valores adecuados de vertido dada la sobrecarga a que estaba sometida el sistema.

Como conclusión interesante de este estudio de caso se podría destacar que la combinación de tecnologías convencionales con humedales de flujo subsu-

perficial puede contribuir a la mejora de los parámetros de los efluentes, sobre todo en el caso de sólidos en suspensión, además de que ante averías o paradas puntuales del sistema convencional, el humedal artificial puede servir, temporalmente, como elemento tampón o de regulación de la calidad del efluente.

Estos resultados se han relacionado con los obtenidos en efluentes de estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR) del litoral, detectándose niveles de concentración similar o superior a los registrados en los estudios de caso. Igualmente se trata de efluentes biodegradables y las condiciones climatológicas incluso más benignas en litoral que en los ámbitos rurales estudiados. Por tanto, la experiencia obtenida en los estudios de caso puede ser extrapolable, con ciertas restricciones, a las poblaciones diseminadas del litoral. La principal restricción se basa en que el número de habitantes equivalentes en los núcleos de litoral suele ser superior que en los casos de áreas rurales de interior y, por tanto, los requerimientos de espacio son superiores. Por otro lado los puntos de generación de aguas residuales, normalmente se encuentran situados junto al litoral por lo que siempre es necesario depender de una EBAR para ubicar

FIGURA 9.1. ESQUEMA EDAR DE TEMISAS CON SISTEMA DE AIREACIÓN PROLONGADA Y HUMEDAL DE FLUJO HORIZONTAL



el sistema de tratamiento aguas arriba de las poblaciones y suficientemente alejado del litoral. Por otro lado los efluentes procedentes de EBAR suelen estar reconcentrados en sólidos en suspensión debido al tiempo de residencia en las propias instalaciones.

Finalmente se ha concluido que para promover este tipo de tecnología de bajo coste energético en el litoral es necesario partir de una serie de premisas que se han de considerar en el estudio de la ubicación y en el diseño del sistema.

- Aprovechamiento de espacios agrícolas abandonados, espacios degradados o marginales vinculados a cauces públicos para situar los sistemas.
- Promover los sistemas de depuración de bajo coste energético como herramientas de reestructuración y recuperación del territorio litoral degradado y restauración paisajística.
- Promover la recuperación de zonas húmedas de litoral y a la biodiversidad asociada a estos espacios, a partir de este tipo de sistemas de tratamiento.
- Aprovechamiento de la producción de biomasa de alta calidad basada en el cosechado de los macrófitos para diferentes aplicaciones.
- Recuperación del agua tratada para la creación de masas boscosas asociadas a los puntos de vertido o el fomento de la reutilización de las aguas depuradas en espacios agrícolas y agroforestales del entorno.

Respecto a los establecimientos hoteleros de litoral se han evaluado instalaciones de alta capacidad (700-1100 plazas alojativas); amplios espacios de jardines y zonas verdes; obligación de depurar sus aguas residuales, al considerarse grandes usuarios según el Decreto 174/1994, de 29 de julio, de la Comunidad Autónoma Canaria. Se trata, por tanto, de establecimientos que tienen la posibilidad de reutilizar el 100% de sus aguas depuradas si se consigue un tratamiento adecuado a un coste asumible, consiguiendo con ello el “vertido 0” y la menor afección posible a la calidad de las aguas costeras y al medio ambiente. Como resultado general destaca el hecho de que la composición del agua residual generada en estos establecimientos hoteleros puede considerarse de concentración media para sólidos en suspensión, DBO_5 , DQO y Nitrógeno, media a fuerte para sólidos disueltos totales y muy débil para indicadores de contaminación fecal (3-4 unidades logarítmicas de UFC). Es de destacar que no se ha detectado presencia de huevos de nematodos intestinales en ninguno de los muestreos realizados, tanto en agua de pretratamiento, como de efluente de aireación prolongada. Los sistemas basados en aireación prolongada evaluados, se obtiene que aunque los rendimientos, en general, son aceptables (70-80%) para los diferentes parámetros bajo control, no siempre se alcanzan los valores límites de vertido, existiendo valores puntuales del efluente fuera de

rango, normalmente asociados a datos del influente también anómalos. Esta circunstancia también indica que este tipo de tratamiento, dado el bajo tiempo de residencia hidráulica y las fluctuaciones que se pueden dar en el influente a lo largo del día, no son capaces de laminar u homogenizar el efluente de forma permanente. En general se detecta que son necesarios tratamientos añadidos para obtener un efluente más estable y dentro de los límites de vertido.

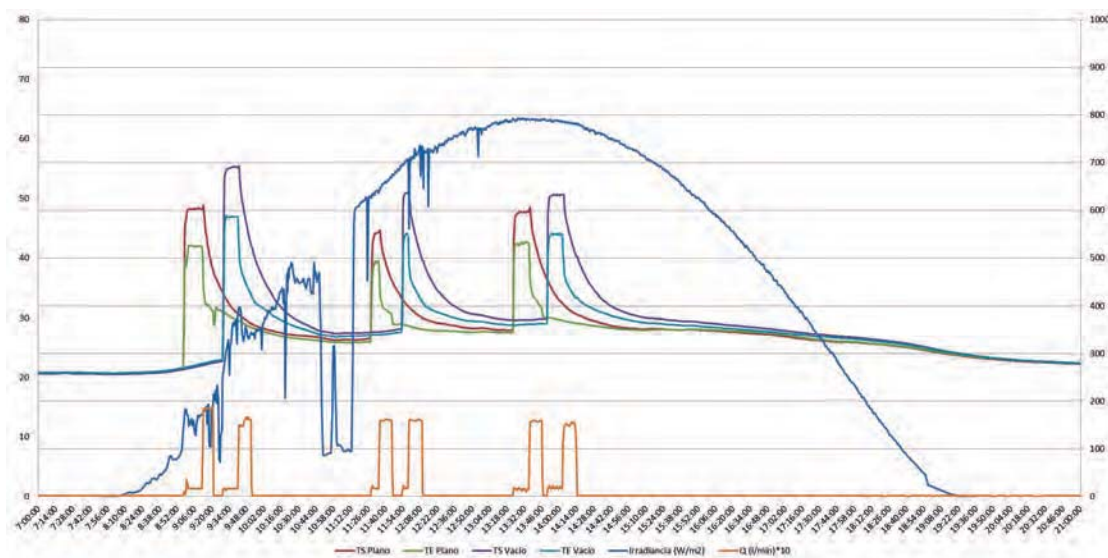


Foto 9.4. Detalle de un campo de golf regado con agua regenerada

De los datos obtenidos, los usos del agua regenerada, sin restricciones, a partir del efluente de secundario sin desinfectar se deben restringir al riego de zonas verdes no accesibles al público e incluso masas de agua ornamentales. Usos más restrictivos como riego de campos de golf o de jardines públicos requieren tratamientos añadidos de desinfección y de reducción de sólidos en suspensión y Turbidez. En el caso de establecimientos hoteleros con disponibilidad de espacio es posible plantearse sistemas de tratamiento de bajo coste energético para obtener un efluente adecuado para los usos menos restrictivos. Por otro lado, se ha concluido finalmente que, con el objeto de promover la reutilización de aguas regeneradas en establecimientos hoteleros de la Macaronesia y tender hacia el “vertido 0” en este ámbito, sería necesario establecer un nuevo código de buenas prácticas y usos permitidos según la tecnología de tratamiento aplicada y caudales utilizados, adaptado a la realidad insular. De esta forma se podrán establecer unos sistemas de control (frecuencias de muestreo y parámetros evaluados) que se adapten mejor a las condiciones reales de estos efluentes y los costes que se podrían considerar asumibles para motivar esta prácticas.

Los resultados obtenidos del proyecto piloto de tratamiento avanzado (desinfección) por energía solar térmica han servido para definir un nuevo prototipo que permite controlar el tiempo de residencia hidráulico mínimo y la temperatura a que han estado sometido el efluente secundario, independientemente de la irradiancia, garantizando así unas condiciones controladas de desinfección. En este caso el elemento variable sería el caudal de agua desinfectada producida que dependerá de la capacidad de captar energía de los paneles solares y de las condiciones meteorológicas. Este prototipo servirá en el futuro para implementarse en instalaciones a escala real complementando los sistemas descritos anteriormente.

FIGURA 9.2. REGISTROS DE DATOS DE UN ENSAYO SOLAR TÉRMICO



DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y DE UN ASESOR INTELIGENTE PARA LA SELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA MACARONESIA EUROPEA

Abraham Rodríguez Rodríguez, Leidia Martel Monagas (ULPGC)

Gilberto Martel Rodríguez, Miguel Ángel Márquez Marfil (ITC)

A10



INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de la contaminación de las aguas costeras y por tanto de las zonas de baño, son los vertidos de las aguas residuales. El tratamiento adecuado de estas aguas residuales es fundamental para preservar la calidad del medio ambiente e, incluso, para posibilitar la recuperación de recursos escasos como el agua. El tratamiento de efluentes descentralizados a pequeña escala permite un mayor abanico de tecnologías que el tratamiento a gran escala, que difícilmente puede incorporar tecnologías de bajo coste energético. Por otra parte, a pequeña escala, no es común que se realice un análisis detallado del efluente a tratar y de las diferentes alternativas tecnológicas disponibles con criterios de sostenibilidad del sistema a largo plazo. Los sistemas que en muchas ocasiones se plantean incorporan tecnologías con altos requerimientos de energía, mantenimiento y explotación especializados. Es por ello que, desde el Departamento de Informática de la ULPGC y desde el Departamento de Agua del ITC, se ha planteado definir un sistema de información on-line que apoye a los promotores no expertos de depuradoras de aguas residuales, tanto en lo que se refiere al análisis del problema de vertido, como en el estudio de alternativas posibles según la disponibilidad de espacio y costes asumibles.

A tal efecto se ha desarrollado un **sistema de información** que facilita la catalogación y el acceso a diversa información sobre tecnologías, infraestructuras, equipamientos y proveedores de servicios, y de un **agente software** que proporcione un servicio de asesoramiento inicial sobre la aplicabilidad de una gran variedad de tecnologías de depuración partiendo de la caracterización de un vertido y tomando en consideración las condiciones del entorno como la disponibilidad de superficie para albergar los sistemas.

METODOLOGÍA

Al tratarse principalmente de productos informáticos basados en el conocimiento técnico que pueden aportar expertos del sector, la metodología utilizada se ajusta a los criterios definidos en un ciclo de vida iterativo, siguiendo en cada iteración un modelo en cascada clásico con las siguientes etapas:

- **Requisitos del usuario:** En esta fase se define el problema, es un proceso iterativo. Se obtiene una definición de lo que el usuario experto espera del sistema.

- Requisitos del Software: Partiendo de los requisitos del usuario, se analiza el problema que se quiere solucionar, se adopta un método de análisis y finalmente se obtiene la definición del software que se va a construir.
- Diseño Arquitectónico: Se define /ajusta la estructura del sistema software.
- Diseño detallado y producción: Se construye/implementa el software y se hacen las pruebas pertinentes con la aportación de los usuarios expertos.
- Implantación: Se instala el software en el entorno de explotación.

El **Sistema de Información (SI)** se articula en base a los servicios para los que fue diseñado: facilitar el acceso a información heterogénea, proporcionar servicios de asesoramiento especializado, y fomentar la colaboración entre especialistas y empresas del sector. Cada uno de estos servicios implica el modelado de una serie de entidades¹ en el SI, donde cada entidad se identifica con elementos de información y personas que existen en mundo real.

Las entidades modeladas para el primer servicio (acceso a diversa información sobre depuración de vertidos que ha sido aportada por los socios expertos del proyecto) han sido:

- Tecnologías: recogen información técnica sobre las características, capacidades y rendimientos de cada una de las tecnologías de depuración utilizadas habitualmente.
- Casos de éxito: modelan las características y el entorno de instalaciones de depuración existentes, incluyendo localización, instalaciones que generan vertidos, parámetros técnicos del vertido, etc., y de las tecnologías utilizadas, incluyendo rendimiento y características del efluente.
- Productos: fichas de productos comerciales utilizados en la construcción de instalaciones de vertido.
- Empresas: fichas de información con los servicios que ofrece una empresa, así como información de localización y contacto.

El servicio de asesoramiento ha implicado el modelado de otras dos 'entidades':

- Especialistas: Cuando el servicio de asesoramiento lo proporciona un especialista humano, se han modelado las características relevantes como su capacitación, experiencia, etc. En este caso el servicio puede utilizarse siguiendo distintos canales como mensajerías, foros de discusión o por la solicitud de asesoramiento para la selección de tecnologías de depuración.
- Asesor software: En este caso, esta entidad se implementa por separado y se limita a la evaluación, combinación y selección de tecnologías de depu-

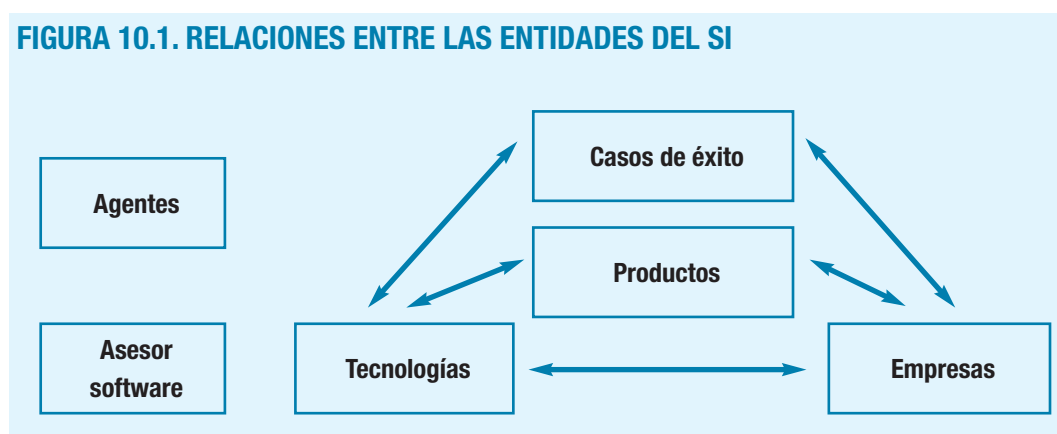
¹ Las características específicas de cada una de estas entidades se pueden consultar en la documentación vinculada con esta actividad.

ración, contemplando los niveles de pre-tratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario. Es importante indicar que el agente software se integra en el SI al mismo nivel que un asesoramiento realizado por un especialista.

La colaboración entre agentes implicados se promueve al facilitar los comentarios y las opiniones en diversos foros restringidos, o mediante la valoración de las respuestas y los servicios de asesoramiento realizados por otros especialistas (o por el agente software).

Las entidades se relacionan entre sí siguiendo la estructura de la Figura 10.1. En el centro de la figura se representan los productos comerciales que implementan alguna de las tecnologías genéricas de depuración. Estos productos comerciales se utilizan en instalaciones reales modeladas bajo la etiqueta 'casos de éxito' y se comercializan o instalan por empresas del sector. Así mismo, las empresas participan en la construcción o mantenimiento de casos de éxito (instalaciones reales) o anuncian servicios relacionados con tecnologías. Éstas, por su parte, en su descripción genérica, se referencian también en las instalaciones existentes; y en sus características más específicas, se utilizan en los servicios de asesoramiento. Los agentes (especialistas) participan de la creación y gestión del resto de las entidades en función de los privilegios y del 'rol' que desempeñe en el SI. Por último, el asesor software accede a descripciones, funciones y características de las tecnologías para realizar su cometido.

FIGURA 10.1. RELACIONES ENTRE LAS ENTIDADES DEL SI



El **Agente Software (AS)** para la selección y utilización de tecnologías de tratamiento de aguas residuales se plantea como un servicio de valor añadido al que se accede desde el propio Sistema de Información.

El escenario sobre el que se diseña se muestra en la Figura 10.2, y es el de un usuario que describe las características de un determinado vertido para solicitar asesoramiento sobre qué conjunto de tecnologías de depuración serían

apropiadas en su caso. Dicho asesoramiento podrá proporcionarlo alguno de los expertos colaboradores del SI o varios, y/o el AS. El sistema está diseñado para que en la misma página aparezca un resumen de las características del vertido proporcionadas por el usuario y una tabla resumen con las distintas soluciones aportadas por usuarios colaboradores y asesor software.

FIGURA 10.2. CASO DE USO PARA LA SOLICITUD DE ASESORAMIENTO

PROPUESTA DEL ASESOR SOFTWARE

Parámetros globales

Instalación de referencia	Acebuchal		
Habitantes equivalentes estimados	200		
Caudal de entrada estimado	24	Superficie total requerida	534
Concentración DBO5 en la entrada	500	Concentración DBO5 en la salida (estimada)	25 ± 8

Pretratamiento

Obra de llegada con aliviadero + Desbaste + Desarenador + Desengradador	Configuración recomendada	
	Superficie total estimada	6m ²

Tratamiento primario

Fosa séptica	Configuración recomendada	
Superficie total estimada	36	
Volumen total estimado	48m ³	
Volumen alternativo 1 estimado	40	
Volumen alternativo 2 estimado	60	

Tratamiento secundario

Humedal subsuperficial de flujo horizontal	Configuración recomendada	
	Superficie total estimada	1000
	Superficie total estimada	600

Para cada tecnología de tratamiento (pre-tratamientos, primarios, secundarios, etc.) se definieron parámetros y métodos que permiten la configuración de la misma tales como superficie requerida o rendimiento alcanzado en el efluente. Además de modelar las distintas tecnologías de tratamiento y la descripción del problema de vertido que plantea el usuario, el agente considera una serie de áreas o temas de estudio que influyen decisivamente sobre la adecuación de una tecnología en el contexto de un determinado vertido. Las áreas de estudio identificadas son básicamente disponibilidad de superficie, adaptabilidad a sobrecargas puntuales y variabilidad del vertido, climatología complejidad de explotación, consumo de energía, integración medioambiental capacidad máxima, etc. Por otra parte se han deducido, a partir de referencias y de

la experiencia aportada por los técnicos del equipo de trabajo, grados de importancia y reglas que establecen en qué medida es relevante un criterio de selección a partir de los datos que proporciona el usuario para describir su problema.

Con estas entidades principales el AS es capaz de realizar una recomendación siguiendo un proceso articulado en tres pasos:

Abstrae la información proporcionada por el usuario transformándola en una lista de áreas de estudio, donde cada área de estudio recibe un valor cualitativo (*alto, medio, bajo, n/a*) que indica en qué medida esta área es relevante en el contexto del problema del usuario.

Atendiendo a la importancia de las áreas de estudio y a la adecuación de dichas áreas para cada tecnología, según una serie de reglas preestablecidas, se calcula un valor de 'adecuación' de cada tecnología al problema actual.

Finalmente se presenta al usuario las soluciones ordenadas según su valor de 'adecuación'.

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Con el sistema accesible en la Web del proyecto (<http://asesor.proyectocarmac.org>) se considera que se han alcanzado los objetivos establecidos en el inicio del proyecto, dando lugar a sendos productos software que proporcionan servicios destinados a:

- Facilitar el acceso a información divulgativa y técnica sobre tratamiento de aguas residuales a pequeña escala.
- Fomentar la colaboración y el intercambio de ideas entre especialistas del sector.
- Proporcionar asesoramiento especializado a usuarios no expertos.

El impacto que estos desarrollos puedan tener sobre la comunidad dependerá de la difusión que tenga el Portal y de la implicación de especialistas y empresas que ofrezcan servicios de colaboración y promoción.

Como cualquier producto software, también será necesaria la planificación de tareas de mantenimiento que permitan actualizar los contenidos, depurar inconsistencias y corregir errores inherentes a cualquier programa de esta complejidad.

Finalmente, además de los productos software desarrollados, esta actividad ha generado diversa documentación que recogen el conocimiento de los expertos que han participado en este proyecto; información de alto valor que podrá utilizarse como referencia para otros cometidos.

JORNADAS DE GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES CON EL OBJETIVO DE MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS COSTERAS DE BAÑO DE LA MACARONESIA EUROPEA

Gilberto Martel Rodríguez (ITC)

Dr. Celso Figueira, Dr. Nuno Aguiar, Dra. Susana Prada (UMA)

A11



INTRODUCCIÓN

En las islas Azores, Canarias y Madeira, donde el turismo es un sector clave de la economía, el buen estado de las playas y zonas de baño deben ser una prioridad absoluta. Para conseguir este objetivo, las inversiones y la buena gestión del saneamiento, el tratamiento y la reutilización de las aguas depuradas se convierten en una de las mejores estrategias.

La realidad es que estos objetivos no siempre se cumplen y todavía existen importantes carencias en materia de saneamiento y tratamiento de aguas residuales. Para identificar las causas de esta problemática y proponer soluciones, se organizaron encuentros donde se reunió a diversos agentes relacionados, directa o indirectamente, con el sector en las islas para realizar un diagnóstico participativo de la situación, identificar barreras y proponer soluciones que ayuden a cambiar la situación de partida. Las Jornadas estuvieron dirigidas, principalmente, a los técnicos y responsables de los municipios y otras entidades de ámbito local. A su vez, las Jornadas también estuvieron abiertas al público en general, para promover la concienciación ciudadana, la participación pública en esta temática y la divulgación del proyecto. Todos los socios del proyecto participan.

La primera Jornada se organizó el 29 de octubre de 2010 en Pozo Izquierdo (Gran Canaria) y estuvo sometida a una dinámica participativa con grupos de trabajo sectoriales, relacionados de una u otra manera con el saneamiento y el tratamiento de las aguas residuales.

La segunda Jornada se realizó el 21 de octubre de 2011, en el Auditorio del Rectorado de la Universidade de Madeira, contando con la participación de todos los socios del proyecto, el Gobierno Regional de Madeira, empresas públicas y privadas y ciudadanía en general.

El fin de estos eventos ha sido, fundamentalmente, abordar el debate sobre la gestión descentralizada y el tratamiento de las aguas residuales a pequeña escala con afección al litoral de la Macaronesia europea, aportando propuestas y soluciones viables a largo plazo.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada durante el Seminario organizado en Gran Canaria respondió a una estrategia participativa donde se intentó obtener el máximo

Foto portadilla: Instantánea de las Jornadas de gestión y tratamiento de aguas residuales para la mejora de la calidad de las aguas recreativas y costeras de la Macaronesia celebradas en Funchal (Madeira) en octubre de 2011.

de información posible, así como nivel de consenso en el mínimo tiempo. Se definieron 4 Grupos de trabajo sectoriales, uno con representantes de la administración pública insular, regional o estatal, otro con personas vinculadas a la administración pública local, otro relacionado con las empresas privadas del sector y, por último, un grupo de personas representantes de la sociedad civil y el mundo académico. Cada grupo de trabajo estuvo acompañado por una persona encargada de llevar adelante la dinámica participativa y otra con las funciones de secretaria del grupo.

La estructura del evento contempló una parte expositiva, y una segunda parte participativa dividida en dos etapas. Una para la elaboración de un diagnóstico del sector, identificando barreras y dificultades y otra etapa para la elaboración de propuestas enfocadas hacia la mejora de los sistemas de saneamiento y tratamiento de aguas residuales en la Macaronesia. Previamente a la participación en el Seminario, los participantes cumplieron un cuestionario vía Web que sirvió para conocer su opinión previa sobre la situación en las islas.

El 21 de octubre de 2011, se celebraron las *Jornadas de gestión y tratamiento de aguas residuales para la mejora de la calidad de las aguas recreativas y costeras de la Macaronesia*. Estas Jornadas sirvieron para exponer a la ciudadanía en general de Madeira los resultados de las tareas desarrolladas dentro del proyecto, y en concreto, debatir sobre la gestión descentralizada y el tratamiento de las aguas residuales a pequeña escala con afección al litoral de la Macaronesia europea. Las Jornadas estaban dirigidas principalmente a los técnicos y responsables de los municipios y otras entidades de ámbito local de Madeira, aunque también se abrieron al público en general, para promover la concienciación ciudadana, la participación pública en esta temática y la divulgación del proyecto.

Los objetivos específicos de las Jornadas se resumieron en:

- Aportar información a los participantes en las jornadas sobre la situación del saneamiento y depuración en el contexto geográfico de Madeira, Açores y Canarias.
- Promover el intercambio de experiencias para mejorar la gestión y el tratamiento de las aguas residuales y la gestión del litoral en la Macaronesia europea.
- Promover el debate y aportar herramientas sobre la gestión descentralizada y el tratamiento de las aguas residuales a pequeña escala para minimizar la afección al litoral.
- Promover la concienciación ciudadana y la participación pública en gestión y el tratamiento de las aguas residuales y la gestión del litoral.
- Divulgar el proyecto CARMAC y las tareas en desarrollo.



Foto 11.1. Integrantes del proyecto Carmac

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

En cuanto al análisis de la situación del saneamiento y depuración en estos archipiélagos todos los asistentes al *Seminario participativo transnacional sobre propuestas de mejora de los sistemas de saneamiento y depuración en la Macaronesia* coincidieron en que existían necesidades importantes de infraestructuras y de mejoras en su mantenimiento. No obstante, no se priorizan las inversiones en este campo como consecuencia de la falta de visibilidad del problema y de la escasa conciencia política y ciudadana sobre el problema. Otras de las barreras importantes que destacaron los representantes de la administración pública fue la diversidad de competencias en el sector, tanto a nivel territorial como administrativo, que llevaba a descoordinación en la planificación y que la tramitación de las infraestructuras fuese excesivamente compleja. Otro problema destacado tanto por la administración pública como por las empresas era el déficit tarifario. Se argumentaba que las tasas de saneamiento y depuración aplicadas no estaban cubriendo los costes reales. Esta visión no fue compartida por los colectivos ciudadanos que argumentaban que el coste que tienen que pagar es excesivo respecto al servicio percibido.



Foto 11.2. Foto de grupo de los asistentes al Seminario participativo transnacional sobre propuestas de mejora de los sistemas de saneamiento y depuración en la Macaronesia celebrado en Pozo Izquierdo, Santa Lucía (Gran Canaria, Canarias) en octubre de 2010

Como propuestas realizadas por los representantes de la administración destacaron las encaminadas a mejorar la coordinación institucional mediante la racionalización de los procedimientos administrativos. Entre las ideas planteadas se propuso la creación de un grupo de trabajo interadministrativo que estudie la simplificación de las normativas y los trámites, así como la implementación de un sistema de ventanilla única que sea gestionado telemáticamente y de forma coordinada.

Representantes de empresas y usuarios coincidieron en la necesidad de desarrollar campañas informativas sobre la situación del saneamiento y depuración, así como de las buenas prácticas a implementar. Los colectivos ciudadanos demandaban más formación para el mejor conocimiento de la problemática, manejo de la legislación, así como de los beneficios ambientales de la reutilización del agua depurada. Demandaron servicios Web con información actualizada y material didáctico y personal para difusión.

Por otro lado, tanto los representantes de la administración pública como de las empresas coincidieron en que era urgente crear acuerdos de colaboración entre entidades públicas y privadas para la obtención de recursos económicos y financiación que permitieran priorizar la inversión pública en saneamiento y depuración. Todo ello a través de un diagnóstico que establezca un mapa de necesidades y planifique las intervenciones en el tiempo.

Entre otras propuestas también destacaron, por parte de los representantes empresariales, la necesidad de establecer normativas y procedimientos que permitan internalizar los costes reales de saneamiento y depuración en la aprobación de las tasas, todo ello auditado por entidades de control independientes.

Los resultados del Seminario han servido de referencia u hoja de ruta para la elaboración de iniciativas para la optimización del saneamiento urbano y recomendaciones para el tratamiento de las aguas residuales en núcleos diseminados y establecimientos hoteleros del litoral.

A través de las *Jornadas de gestión y tratamiento de aguas residuales para la mejora de la calidad de las aguas recreativas y costeras de la Macaronesia* fue posible, además de dar a conocer el proyecto CARMAC, promover el debate e intercambio de experiencias y conocimientos en relación a esta temática. Es de destacar la presentación del proyecto y las tareas en curso, que tuvo una aceptación positiva por parte del público, así como la divulgación del proyecto a través de los medios de comunicación social de Madeira.

En relación al evento en sí mismo, el nivel de aceptación por parte del público fue muy satisfactorio, no sólo en relación a la organización de las Jornadas, sino también por los contenidos de los temas tratados y por la pertinencia e importancia de los asuntos debatidos. El debate final de las Jornadas contribuyó a promover el debate entre personas de diversas áreas científicas y de la sociedad, con resolución de dudas y cuestiones.

Entre los participantes destacó la presencia de representantes de varias entidades y organismos públicos y privados de Madeira, principalmente de los Ayuntamientos, Gobierno Regional, Secretarías y Direcciones Regionales. Destacó, además, la presencia del Rector de la Universidad de Madeira y del Director Regional de Medio Ambiente en las Jornadas, lo que demostró el interés suscitado y el nivel de aceptación que recibió el proyecto. De la misma forma, se denotó el interés demostrado por parte de algunas entidades privadas. Aparte de la presentación de la empresa Ecoatlântico, estuvieron presentes otras empresas y grupos hoteleros.

Por último hay que resaltar la contribución importante de las Jornadas para el intercambio de experiencias, el surgimiento de nuevas ideas y para el refuerzo de la cohesión de todos los grupos de trabajo, de Canarias y Madeira, involucrados en el proyecto.

EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES ESPECÍFICOS EN AGUAS COSTERAS DE LA MACARONESIA EUROPEA

Cristina Afonso Olivares, Dr. José Juan Santana Rodríguez (ULPGC)

**Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez, Dra. Marta Rodrigo Sanz,
Dra. Juana Rosa Betancort Rodríguez (ITC)**

A12



INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico y la globalización han originado evidentes beneficios pero, al mismo tiempo, han provocado la aparición de nuevos riesgos ambientales. Debido a este rápido desarrollo de la civilización humana, numerosos problemas ambientales están afectando, de forma directa o indirecta, a los recursos hídricos y provocando una escasez creciente del agua en varias regiones. La conservación de este recurso natural es fundamental para asegurar una buena calidad de vida. La contaminación de las aguas, además de poner en riesgo la salud humana y del ecosistema, puede representar un obstáculo para la explotación de sus recursos.

Diferentes sustancias químicas peligrosas, como son los contaminantes orgánicos, representan amenazas que deben ser objeto de medidas de evaluación, reducción y control tal y como se establece en sus respectivas legislaciones. Entre las principales fuentes de contaminación al medio, se encuentran los residuos y vertidos durante su producción y uso, los cuales llegan directamente al mar o a las aguas residuales urbanas no tratadas y a los efluentes de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs). Muchas de estas EDARs no están diseñadas para tratar este tipo de compuestos y, por lo tanto, una alta proporción de los mismos y de sus metabolitos pasan al cauce receptor. En definitiva, uno de los puntos finales donde llegan los contaminantes orgánicos es el medio acuático.

En esta actividad incluida en el Proyecto CARMAC, el Dpto. de Química de la ULPGC y el Dpto. de Agua del ITC, atendiendo a los conceptos antes mencionados, han evaluado la concentración de contaminantes específicos procedentes de aglomeraciones urbanas y actividades productivas en aguas del litoral, contribuyendo así al conocimiento de la situación y a la incidencia de este tipo de sustancias en las áreas costeras en las regiones de la Macaronesia europea. Para ello, se ha seguido un programa de trabajo en el que se ha realizado una selección de compuestos y áreas de muestreo para la realización del monitoreo en las aguas costeras de la isla de Gran Canaria y se ha optimizado la metodología analítica necesaria para el análisis de los compuestos, ideando, además, un protocolo de toma de muestra para obtener resultados representativos.

METODOLOGÍA

Los compuestos seleccionados en este estudio fueron escogidos en base a la lista de contaminantes prioritarios de la DMA¹ y se han añadido otros considerados contaminantes potencialmente peligrosos, que no han sido regulados pero podrían estarlo en un futuro, denominados globalmente como contaminantes emergentes, entre los cuales se encuentran los fármacos. Todos estos contaminantes seleccionados son ampliamente utilizados por la población y en actividades costeras. Los compuestos agrupados por familias de compuestos son:

- Antiincrustantes: diuron, irgarol y tributil estaño (TBT). Estos compuestos forman parte de recubrimientos utilizados para evitar el crecimiento de bacterias, macroalgas, moluscos y otros invertebrados sobre estructuras sumergidas, tales como boyas, jaulas y cascos de los barcos.
- Alquilfenoles: nonilfenol, octilfenol y sus derivados etoxilados pertenecientes al grupo de los surfactantes no iónicos. Son utilizados como detergentes, emulsificantes, solubilizantes, agentes humectantes y dispersantes.
- Fármacos: atenolol, acetaminofeno, norfloxacin, ciprofloxacina, carbamacepina, ketoprofeno y diclofenaco. Son utilizados como analgésicos, antiinflamatorios, antibióticos, reguladores del colesterol, etc.
- Filtros solares: benzofenona 3, 3-(4-Metilbencilideno)canfor, dietilamino hidroxibenzoil hexil benzoato, etc. Compuestos químicos que se añaden a las cremas solares para protegernos de los efectos dañinos de la radiación solar.
- PAHs: naftaleno, acenafteno, Fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno, indeno(1,2,3-cd)pireno.

Los fármacos, antiincrustantes y alquilfenoles fueron analizados por el Dpto. de Química de la ULPGC y los PAHs y los filtros solares fueron analizados por el Dpto. de Agua del ITC.

Las áreas de estudio se seleccionaron teniendo en cuenta su interés desde el punto de vista ambiental respecto a los diferentes contaminantes escogidos. Los muestreos generalmente se realizaron mensualmente entre enero de 2011 y enero de 2012 en Gran Canaria. Así, los antifoulings y PAHs se analizaron en aguas portuarias del Muelle Deportivo de Las Palmas de Gran Canaria, Puerto Escala de Puerto Rico y Muelle Deportivo de Mogán. Los fármacos y alquilfenoles se evaluaron en aguas marinas cercanas a la salida de emisarios submarinos de

1 Directiva Marco del Agua.

aguas residuales de las EDARs del Sureste, Jinámar, Barranco Seco y Las Burras. Por último los filtros solares se analizaron en las aguas de las playas de Las Alcaravanas, Las Canteras, Maspalomas, Puerto Rico, Amadores y playa de Mogán.

Para poder detectar y cuantificar estos contaminantes fue necesario en primer lugar, desarrollar los métodos de extracción y preconcentración en fase sólida (SPE) para cada familia de compuestos. Posteriormente se desarrollaron los métodos de cromatografía líquida usando diferentes sistemas de detección (espectrometría de masas, fluorescencia o espectrofotometría UV-Vis).

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

En los estudios realizados en los diferentes emisarios (un total de 48 muestras en los diferentes emisarios submarinos) se encontró la presencia de algunos fármacos, como las fluoroquinolonas (ciprofloxacino y norfloxacino), acetaminofeno, ketoprofeno y diclofenaco. De forma específica, se observó que dos de los fármacos analizados, atenolol y carbamacepina, no fueron detectados en ninguna muestra, mientras que el intervalo de concentraciones encontradas

para el resto de los compuestos fue entre 4,4 y 2551,7 ng/L. En un gran número de muestras se detectó la presencia de norfloxacino (56,2%) y ciprofloxacino (60,4%) y sólo en alguna de ellas, de manera aleatoria, se han encontrado niveles de diclofenaco, acetaminofeno y ketoprofeno. Desde el punto de vista temporal, se observó que para los emisarios situados al sur de la isla (EDAR Sureste y EDAR Las Burras), se detectaron mayores concentraciones de fármacos en la segunda mitad del año, coincidiendo con el verano y parte del inicio del invierno. Sin embargo, para los emisarios situados al norte de la isla (EDAR Jinámar y EDAR Barran-



Foto 12.1. Detalle del sistema de extracción de compuestos

co Seco), los niveles fueron más dispersos durante todo el año. Este hecho puede indicar la posible existencia de vertidos mayores de las distintas depuradoras del sur, por un aumento de la población debido a la presencia de mayor turismo en esas fechas. Mientras que, para las depuradoras situadas más al norte, no existe este cambio, pero de todos modos, poseen núcleos poblacionales bastante grandes para proporcionarnos esos niveles de contaminación.

Respecto a los alquilfenoles estudiados, no se detectaron en las muestras de agua de los emisarios mencionados. Este hecho se puede deber al efecto de dilución que se produce en mar abierto. Si se observan otros estudios realizados en la determinación de este tipo de compuestos a la salida de diferentes depuradoras de la isla de Gran Canaria, se encuentra que los niveles de los mismos son ya bastante bajos, por lo que al llegar al mar se dispersan y diluyen instantáneamente en las grandes masas de agua.

De los antiincrustantes estudiados, irgarol y el diurón estuvieron siempre presentes en las muestras de los puertos muestreados (100% y 87,2% respectivamente) en intervalos de concentración entre 24,5 y 138,2 ng/L para el diurón y entre 40,3 y 108,9 ng/L para el Irgarol. Sin embargo, no se encontró TBT en ninguna de las muestras analizadas. En la Figura 12.1 se muestra un cromatograma de una muestra analizada en el muelle Deportivo de Las Palmas de Gran Canaria.

La presencia de diurón e irgarol en todas las muestras es indicativo de que ambos compuestos son ampliamente utilizados en las pinturas antiincrustantes usadas en las embarcaciones que atracan en estos puertos, además de mostrar una alta persistencia en el

medio. En cuanto a la evolución temporal durante el periodo en estudio no se observa un patrón a seguir, aunque en algún puerto, por ejemplo en el Muelle Deportivo de Las Palmas de Gran Canaria, se observan los niveles máximos en verano e invierno.

Durante todo el seguimiento la presencia de PAHs en los puertos muestreados fue baja, siendo el Σ PAHs de los 15 PAHs en estudio, del orden de unidades de ng/l en la mayoría de los muestreos. En todos los muelles y puertos evaluados siempre fueron frecuentes (más del 50% de las muestras) fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, criseno, benzo(b) y benzo(k) fluoranteno y benzo(a)pireno. Todos ellos se presentaron en concentraciones inferiores a las concentraciones establecidas en el RD 60/2011, por el cual se fijan las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

FIGURA 12.1. CROMATOGRAMA CORRESPONDIENTE AL ANÁLISIS DE ANTIINCRUSTANTES EN UNA MUESTRA DEL MUELLE DEPORTIVO

M004-11 ANT

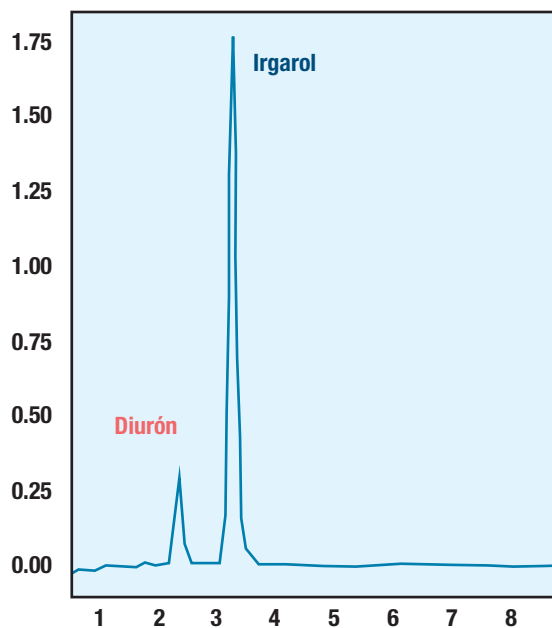


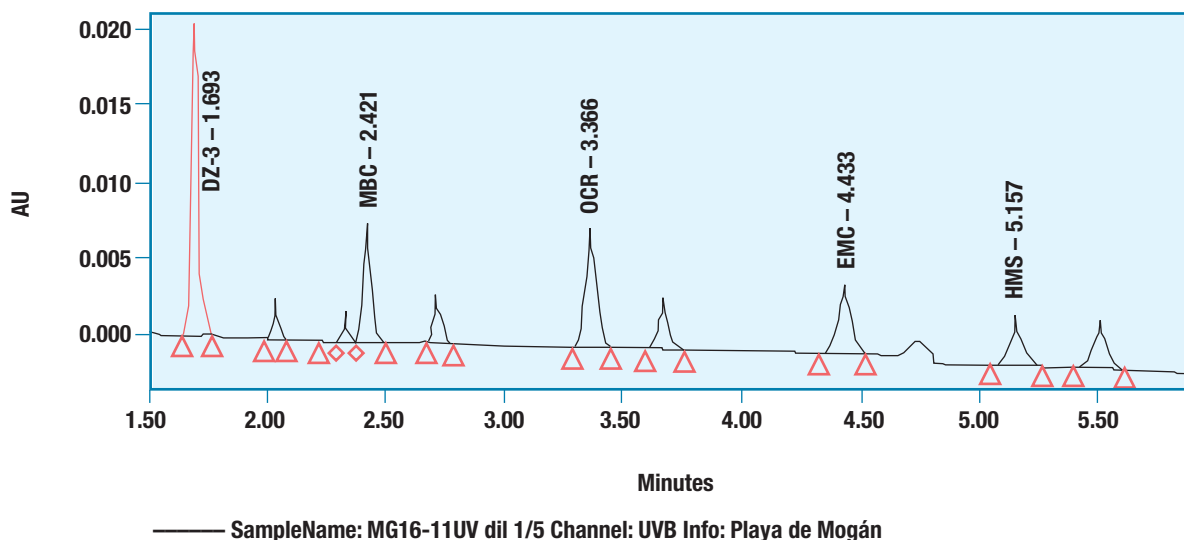


Foto 12.2. Instantánea de trabajo en laboratorio

De los filtros solares en estudio, el OCR fue el que presentó una concentración significativamente superior al resto de compuestos (253 ng/l de media). La BZ3 (240 ng/l) y el BMDBM (211 ng/l) también se caracterizaron por presentar concentraciones más elevadas que MBC (39 ng/l), DEAHBHB (21 ng/l), EMC (52 ng/l) y HMS (71 ng/l). En la Figura 12.2 se muestra un cromatograma de una muestra analizada en Mogán.

En ninguno de los muestreos se detectó el tan cuestionado OD-PABA. A pesar de que en la Comunidad Europea el uso de OD-PABA está permitido, achacamos la ausencia de este compuesto en las muestras a su exclusión del mercado de cremas solares, por su potencial fotoalérgico. La presencia de los filtros DEAHBHB, MBC y HMS fue más frecuente en las playas con una alta densidad de usuarios y de perfil cerrado y menor hidrodinamicidad de la masa de agua, contribuyendo así a su menor dispersión.

FIGURA 12.2. CROMATOGRAMA CORRESPONDIENTE AL ANÁLISIS DE FILTROS SOLARES EN UNA MUESTRA DE AGUA DE LA PLAYA DE MOGÁN





AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA COMPOSIÇÃO DA ÁGUA DAS RIBEIRAS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS COSTEIRAS NA ILHA DA MADEIRA

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA COMPOSICIÓN DE LOS
CURSOS DE AGUA Y ESCORRENTÍAS DE LOS BARRANCOS
EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS COSTERAS EN LA ISLA
DE LA MADEIRA

Dr. Celso Figueira, Dr. Nuno Aguiar, Dra. Susana Prada (UMA)

A13
MADEIRA

INTRODUCCIÓN

A poluição das águas do mar tem origem, principalmente, nas atividades humanas que ocorrem em terra, quer através de descargas acidentais de poluentes como, por exemplo a rotura de um esgoto, quer através de despejos intencionais e ilegais nas linhas de água ou junto a estas. Desta forma, os programas de monitorização da qualidade das águas superficiais terrestres assumem um papel importante, pois permitem a identificação e prevenção de potenciais fontes de poluição que possam colocar em risco a qualidade das águas balneares. Um dos objectivos do projecto CARMAC – Melhoria da Qualidade das Águas Balneares e Costeiras da Macaronésia, era o de “Avaliar a concentração de contaminantes específicos procedentes de centros urbanos e actividades produtivas nas águas do litoral da Macaronésia europeia, para predizer a qualidade ambiental”.

Como parceira do projecto, a Universidade da Madeira foi responsável pela execução da Actividade 13 – “Avaliação do impacto da composição da água das ribeiras na qualidade das águas costeiras (monitorização físico-química e microbiológica de indicadores de contaminação)”. Na ilha da Madeira, as ribeiras em si não são utilizadas pela população para actividades balneares. Contudo, quase todas as linhas de água desagüam junto a zonas balneares ou praias que registam elevada afluência de banhistas durante a época balnear, pelo que a análise e estudo das condições ambientais das ribeiras se reveste de especial importância. Desta forma foi avaliada a qualidade da água das ribeiras e o seu impacto na qualidade da água do mar das principais zonas balneares de uma zona da Macaronésia, neste caso, a ilha da Madeira, durante os anos de 2010 e 2011.

METODOLOGÍA

Durante dois anos consecutivos foram recolhidas amostras de água na foz das ribeiras que influenciam as principais zonas balneares da ilha da Madeira (Figura 13.1). Os pontos de amostragem foram seleccionados não só em função da proximidade de zonas balneares mas também tendo em conta as características da ribeira, nomeadamente a sua dimensão, existência de escoamento durante a época balnear e influência humana. Em 2010 foram recolhidas 16 amostras em 8 ribeiras, nos meses de Agosto e Setembro, enquanto em 2011 foram recolhidas 92 amostras em 23 ribeiras entre Junho e Setembro (Tabela 1).

As amostras foram analisadas quanto a vários parâmetros físicos (temperatura, condutividade e pH), químicos (nitritos, nitratos, fosfatos, CBO₅ e CQO) e

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

De acordo com os parâmetros microbiológicos analisados, entre as 8 ribeiras analisadas em 2010, 4 apresentaram resultados acima dos valores limite para todos os parâmetros considerados, no conjunto dos 2 meses analisados. As restantes ribeiras apresentaram percentagens de análises acima dos limites na ordem dos 25 a 75%, e apenas uma ribeira não teve nenhuma análise acima destes limiares (ribeira de Machico).

Em 2011, das 23 ribeiras analisadas, 5 apresentaram todas as análises abaixo dos limites para *E. coli* e enterococos intestinais e em 4 ribeiras apenas se verificaram 25% das análises acima dos limites. Ao invés, 8 ribeiras registaram 100% das análises com valores acima dos limites e 6 ribeiras apresentaram 75% das análises acima destes.

Em relação às análises químicas realizadas, observou-se que a presença de nitratos foi uma constante em quase todas as ribeiras analisadas, embora as concentrações variassem grandemente. Os níveis mais elevados foram registados em ribeiras do sul da ilha, e em áreas com forte densidade populacional, ocupação agrícola mais extensa ou presença de actividades industriais. A presença de fosfatos e nitritos foi residual nas 23 ribeiras analisadas, ao longo das campanhas de monitorização de 2010 e 2011, com a excepção de alguns casos pontuais.

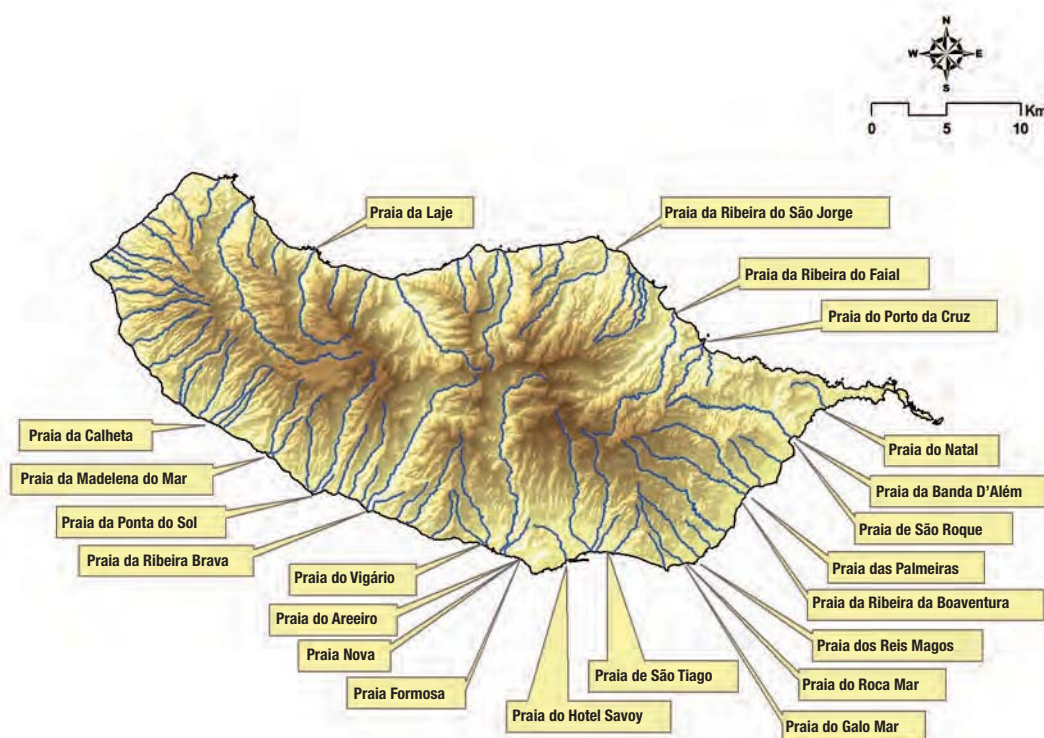
No global, tendo em conta os resultados observados em 2010 e 2011, podemos verificar que existe uma diferenciação entre as ribeiras localizadas na costa norte e sul da ilha da Madeira. As ribeiras da costa sul apresentam caudais mais reduzidos e valores de contaminação mais elevados em relação às ribeiras do norte da ilha. Esta variação de caudal pode ser responsável pela maior concentração de contaminantes na água, tendo em conta que as ribeiras a norte da ilha apresentam geralmente um caudal mais elevado e permanente nos meses de Verão, bem como valores de contaminação fecal inferiores. Desta forma, os poluentes poderão atingir a foz de forma mais diluída no norte do que no sul da ilha.

Os maiores valores de contaminação também poderão estar associados ao facto das ribeiras do sul se desenvolverem, normalmente, junto a áreas fortemente urbanizadas ou com extensas áreas agrícolas. As ribeiras de Câmara de Lobos, Socorridos, Ribeiro Seco, São João, Santa Luzia, João Gomes, Caniço, Boaventura e Santa Cruz são as ribeiras que desaguam na zona com maior densidade populacional da ilha. Estas ribeiras apresentaram sempre elevados índices de contaminação fecal e por outros compostos.

Através dos resultados obtidos nas análises microbiológicas das águas das ribeiras tentou-se estabelecer um paralelismo com os resultados das análises aos mesmos parâmetros nas águas do mar (*E. coli* e Enterococos Intestinais).

Desta forma, pretendeu-se aferir se existiria contaminação fecal nas águas junto a zonas balneares e se essa mesma contaminação poderia ser consequência das águas das ribeiras que desaguam junto a essas praias (Figura 13.2).

FIGURA 13.2. PRAIAS CUJAS ÁGUAS BALNEARES FORAM ANALISADAS



Através das análises à água do mar em 2010 e 2011, verificou-se que apesar de muitas das ribeiras analisadas apresentarem valores elevados de contaminação por matéria fecal, esses resultados não se reflectiram nas águas do mar colhidas junto à sua desembocadura. De facto, quer em 2010 quer em 2011, as águas balneares analisadas pelo IASaúde apresentaram qualidade boa ou excelente. Em 2010, quase todas as praias analisadas que se localizam junto às ribeiras analisadas apresentaram qualidade boa ou excelente, com a excepção da praia do Vigário, junto à ribeira de Câmara de Lobos. Contudo, em 2011, esta praia apresentou qualidade excelente, apesar de a ribeira manter valores de contaminação fecal elevados para o mesmo período. Este facto leva-nos a considerar a hipótese da contaminação das águas daquela praia terem tido uma origem que não as águas da ribeira de Câmara de Lobos.

Em 2011, todas as praias analisadas apresentaram águas de qualidade boa ou excelente, mesmo as praias localizadas na desembocadura das ribeiras mais poluídas. Apenas uma praia apresentou má qualidade, nomeadamente a praia de São Roque, em Machico. Apesar da ribeira de Machico apresentar contaminação fecal, os níveis de poluição nesta praia poderão ter outra origem que

não as águas da ribeira que nela desagua, dado o facto da praia da Banda D'Além, localizada na outra margem da mesma ribeira, apresentar águas de qualidade excelente. Dada a proximidade das duas praias, ambas localizadas junto à foz da mesma ribeira, a origem da contaminação da praia de São Roque deverá ter tido origem em descargas de águas não tratadas directamente no mar, e não através da ribeira de Machico.

Os resultados obtidos revelam que, apesar de se verificarem valores elevados de contaminação fecal em muitas ribeiras, a composição destas águas têm pouco influência ou mesmo nenhuma na qualidade das águas balneares. Efectivamente depreende-se, pelos níveis de qualidade das águas do mar que a contaminação devido aos compostos que existem nas ribeiras é pouco significativa ou mesmo nula. Os factores que podem explicar esta situação estão directamente relacionados com os caudais relativamente reduzidos que as ribeiras da ilha da Madeira apresentam durante os meses mais secos. Para além da inexistência de caudal superficial em várias ribeiras durante os meses de Verão, o volume de escorrência superficial verificado nestas é reduzido e os resultados obtidos indicam que a sua influência é pouca em relação à contaminação das águas do mar, dado que o factor de diluição dos contaminantes nestas águas torna-se elevado. Da mesma forma, o oceano possui mecanismos de depuração naturais que reduzem a quantidade de matérias poluentes, nomeadamente flora e fauna que processam esses mesmos contaminantes, e uma dinâmica natural das marés e correntes oceânicas, especialmente ao longo da costa da ilha da Madeira. Esta dinâmica do mar promove uma renovação constante das águas junto à costa, o que leva a que as águas doces provenientes das ribeiras sejam rapidamente diluídas e arrastadas para o largo.

As praias da ilha da Madeira apresentam, no geral, águas de boa qualidade durante o período balnear. Apesar de algumas ribeiras apresentarem valores elevados de contaminação fecal, estas águas não parecem exercer uma influência directa na qualidade das águas do mar. No entanto, e apesar desta observação, não é de excluir interacção ocasional entre estas. Da mesma forma, poderá existir alguma interacção entre as águas superficiais e as águas subterrâneas. Desta forma, seria importante alargar o estudo da composição das águas das ribeiras, efectuando análises para montante, ao longo do seu percurso, de forma a identificar as fontes de contaminação. Da mesma forma, uma inventariação de actividades e uma maior fiscalização do tipo e composição de efluentes que são descarregados nas ribeiras seria importante, de forma a melhorar gradualmente a qualidade das águas dos cursos de água mais poluídos, implementando igualmente planos de gestão e melhoria ambiental.

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA MEZCLA DE LOS
EFLUENTES PROCEDENTES DE LA ESCORRENTÍA
SUPERFICIAL, DEL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES Y DE LA DESALACIÓN SOBRE
LA CALIDAD DE LAS AGUAS COSTERAS**

Pedro Delgado Melián, Oscar Campo González (CIATF)

**A13
CANARIAS**



INTRODUCCIÓN

La identificación y caracterización de las diferentes variables que intervienen en la desaparición de los microorganismos tras su vertido al mar (o incluso antes, si las condiciones lo permiten), la magnitud de sus efectos y el modo de actuación —simple, acumulativo, sinérgico, etc.— son cuestiones no aclaradas suficientemente, a pesar de la amplia bibliografía que existe sobre el tema.

Como parámetro representativo de la eliminación de los microorganismos es frecuente utilizar el T₉₀ (tiempo necesario para que el 90% de la población bacteriana desaparezca). Los valores que se encuentran en la bibliografía para el T₉₀ en medio marino reflejan una enorme diversidad en lo que se refiere a los efectos que ejercen los factores ecológicos: temperatura, salinidad, degradación, radiación solar, competencia por nutrientes, presencia de sustancias tóxicas; y físicos: dilución y dispersión. Esta diversidad viene motivada, en parte, por la falta de homogeneidad en cuanto a las técnicas experimentales y condiciones de desarrollo de los ensayos.

METODOLOGÍA

Uno de los factores que afectan a la tasa de desaparición de microorganismos es la salinidad del medio. Para la evaluación de sus efectos, este proyecto ha tenido un doble objetivo:

- Determinar los beneficios medioambientales que para las masas de aguas costeras tiene la mezcla de salmueras resultantes de procesos de desalinización con aguas residuales urbanas tratadas, tanto por su acción bactericida sobre el efluente residual como por la reducción en las concentraciones de sales vertidas debido al propio efecto de dilución.
- Analizar la interacción del vertido de la mezcla de aguas en el medio marino y evaluar sus posibles impactos, mediante la aplicación de modelos de simulación de dispersión del vertido para determinadas condiciones de mezcla de aguas de distintas procedencias:
 - salmueras de estación desaladora de agua de mar (EDAM),
 - aguas residuales depuradas con tratamiento adecuado (ETAR).
 - aguas residuales depuradas con tratamientos secundario (EDAR)
 - salmueras de estación desalinizadora de aguas salobres (EDAS): tratamiento terciario.

Los trabajos realizados se han desarrollado a partir de las características y condiciones que concurren en las instalaciones del sistema integral de saneamiento, depuración, reutilización y desalación de Adeje-Arona (Tenerife).

FIGURA 13.3. SITUACIÓN DE LAS DIFERENTES INSTALACIONES QUE CONFORMAN EL SISTEMA INTEGRAL ADEJE-ARONA



El conjunto de trabajos desarrollados a lo largo de esta actividad se ha efectuado en torno a cinco líneas de actuación que a continuación se explican.

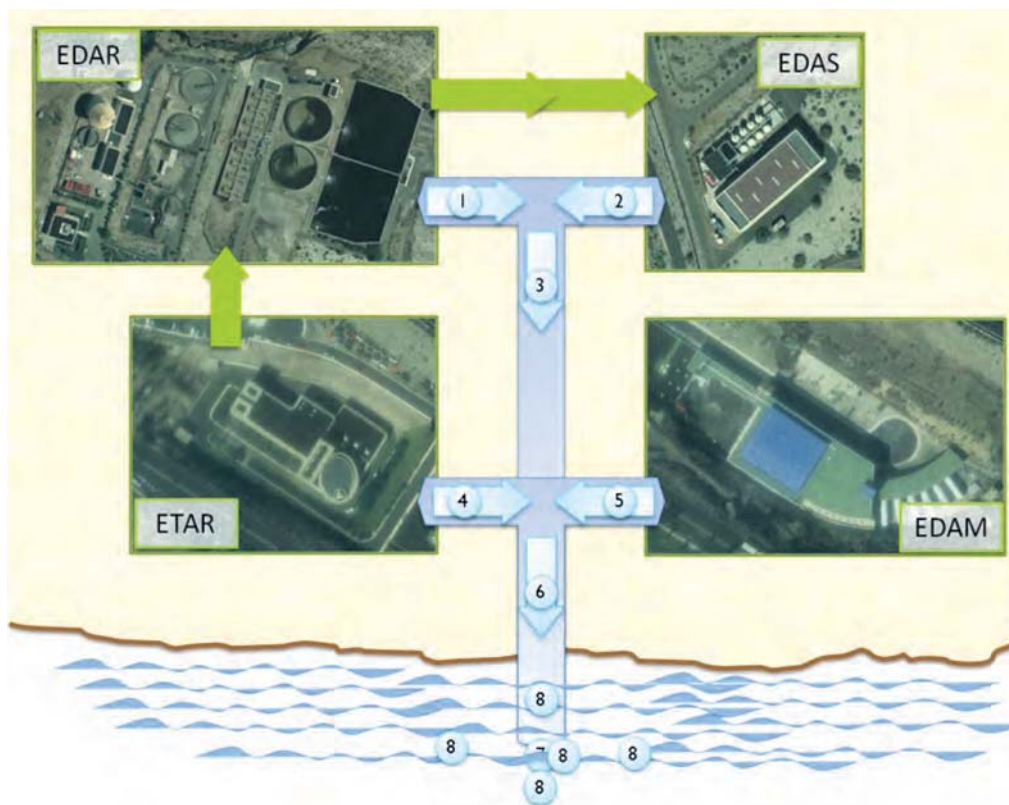
RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE CONTROL Y TOMA DE MUESTRAS DE SALMUERA Y EFLUENTES DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las características físicas, químicas y biológicas del efluente y de las aguas receptoras se obtuvieron de los análisis realizados entre junio de 2010 y mayo de 2011. El control de efluentes está compuesto por el muestreo y análisis de las siguientes aguas (ver Figura 13.4):

1. Salmuera EDAS.
2. Salida EDAR.
3. Mezcla 1 y 2.
4. Salmuera EDAM.
5. Salida ETAR.
6. Mezcla 4 y 5.
7. Difusor final Emisario Submarino (muestreo submarino).

FIGURA 13.4. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL Y TOMA DE MUESTRAS



El control de aguas receptoras está compuesto por el muestreo y análisis de agua de mar en los siguientes puntos:

1. En la vertical del difusor final.
2. A 100 m en dirección Norte desde el punto 1.
3. A 100 m en dirección Este desde el punto 1.
4. A 100 m en dirección Sur desde el punto 1.
5. A 100 m en dirección Oeste desde el punto 1.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LOS EFLUENTES Y LAS AGUAS RECEPTORAS

Los parámetros analizados en cada uno de los tipos de muestra fueron:

TABLA 13.2. PARÁMETROS ANALIZADOS	
2010	2011
pH	pH
DBO ₅	Temperatura
Conductividad	Oxígeno disuelto
Sólidos Suspensión	Conductividad

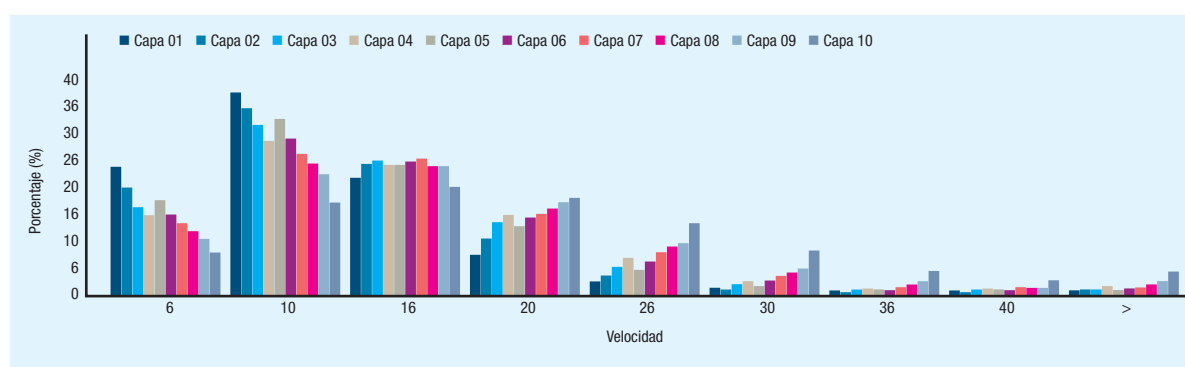
Sólidos Suspensión Volátiles	Salinidad
COT	Color
Nitrógeno oxidado	Turbidez
Nitrógeno total	Sólidos suspensión
Fósforo total	Sólidos sedimentables
<i>Escherichia Coli</i>	Nitrógeno oxidado
	Fósforo total
	Coliformes fecales
	Coliformes totales
	<i>Streptococos fecales</i>

ESTUDIO DE LAS CORRIENTES MARINAS

Junto con el muestreo de las aguas receptoras se realizaron la toma de datos “control de parámetros oceanográficos”. Se realizaron mediciones de corriente mediante el uso de métodos eulerianos, es decir se midió la velocidad y la dirección del flujo de la corriente en un punto con coordenadas geográficas y profundidades determinadas e inicialmente prefijadas. Este estudio hizo uso de un perfilador de corrientes acústico doppler (Acoustic Doppler Current Profilers – ADCP) FlowQuest 600 de la casa LinkQuest Inc.

El perfilador de corrientes se configuró para que cada hora realizara 100 mediciones de velocidad y dirección de la corriente y guardara un dato promediado para cada una de las capas de 2 m de espesor en que se seccionó la columna de agua (20 m), lo que hace un total de 10 capas. El utilizar un número tan elevado de mediciones para calcular los valores medios, reduce enormemente la desviación sobre los valores reales.

FIGURA 13.5. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD DE LA CORRIENTE (CM/S)



El 17 de junio de 2010 el perfilador de corrientes se fondeó en el lecho marino en posición vertical, con los transductores orientados hacia la superficie del mar. El equipo se fijó al fondo mediante una estructura y un fondeo específicos que aseguraron la estabilidad del aparato y su resistencia ante posibles temporales. La recuperación del equipo se hizo un año más tarde, el 20 de junio de 2011.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA DE EFLUENTES (AGUA RESIDUAL Y SALMUERA) EN LA CONDUCCIÓN DE VERTIDO

Tal y como se comentó en los apartados anteriores, uno de los objetivos principales del estudio estaba enfocado en determinar los beneficios medioambientales que para las masas de aguas costeras tiene la mezcla de salmueras resultantes de procesos de desalinización con aguas residuales urbanas tratadas.

Se buscaba, en consecuencia, evaluar y cuantificar el efecto que la presencia de la elevada concentración de sales en el agua (salmuera de rechazo de las desaladoras) puede tener en la tasa de desaparición de microorganismos presentes en un vertido de aguas residuales urbanas (ARU).

Como microorganismos indicadores se utilizaron *Escherichia Coli* y Enterococos intestinales presentes de forma natural en las muestras de agua residual.

Con objeto de reproducir condiciones ambientales lo más similares posibles a las que ocurren en el vertido del efluente a través del emisario submarino, el tiempo de contacto entre ambas disoluciones (ARU y salmuera) estuvo limitado a 25-30 minutos, que es el tiempo que permanece el efluente en la conducción antes de incorporarse al medio marino, la temperatura a valores comprendidos entre los 21 y 25 °C (aunque constante en cada una de las experiencias) y una agitación fuerte.

Se analizaron diferentes grados de mezcla entre el ARU y la salmuera. Las diluciones utilizadas fueron 1:2 (mezcla al 50%), 1:3 (mezcla al 33% de ARU), 1:4 (mezcla al 25% de ARU) y 1:10 (mezcla al 10 % de ARU). Como control y para evaluar el efecto de la salinidad se analizaron también las muestras de agua residual bruta, sin mezcla.

Los resultados obtenidos permitían comparar la diferencia en el número de colonias entre las que se obtenían en la muestra que no había sido mezclada con salmuera (agua residual bruta) y las que se contabilizaban en las distintas muestras que habían sido objeto de mezcla con la salmuera (diluciones 1:2; 1:3; 1:4 y 1:10).

La mezcla de efluentes de diferentes características, por un lado, agua residual urbana y, por otro, aguas de rechazo de desaladora con alto contenido en

sales, genera un vertido final en el que se observa una reducción tanto en la concentración de microorganismos como en la concentración de sales respecto a las que presentan los vertidos por separado. En consecuencia, la mezcla de ambos efluentes supone beneficios evidentes.

APLICACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE VERTIDOS EN EL MEDIO MARINO

Una vez conocido el comportamiento del efluente en la conducción de vertido, el siguiente paso consistió en analizar, mediante la aplicación de un modelo de simulación informático, el comportamiento que presenta la pluma de vertido al alcanzar el cuerpo de aguas receptoras. Para este propósito, se evaluaron las concentraciones del parámetro de referencia (*E. Coli*) en el entorno del punto de surgencia (campo cercano) y a larga distancia (campo lejano).

La correcta aplicación de un modelo de calidad para analizar adecuadamente la interacción entre el efluente vertido y el medio receptor ha supuesto el desarrollo de un proceso cuyas principales etapas han sido:

- Selección del programa informático de simulación.
- Recopilación de datos para la ejecución del programa de simulación.
- Selección de los escenarios ambientales para modelizar.

La mayor sencillez operativa, la necesidad de contar con un menor número de datos de entrada y, sobre todo, el hecho de que el modelo esté validado y aceptado por numerosos organismos de control ambiental (CEDEX, EPA, etc.), hicieron que se optara por utilizar el programa CORMIX, de la empresa MixZon Inc.

La ejecución del programa informático de simulación que analiza el comportamiento del flujo de vertido requiere suministrarle al mismo una serie de datos que permitan representar las condiciones en las que se produce el vertido. Entre los datos solicitados por el programa se encuentran:

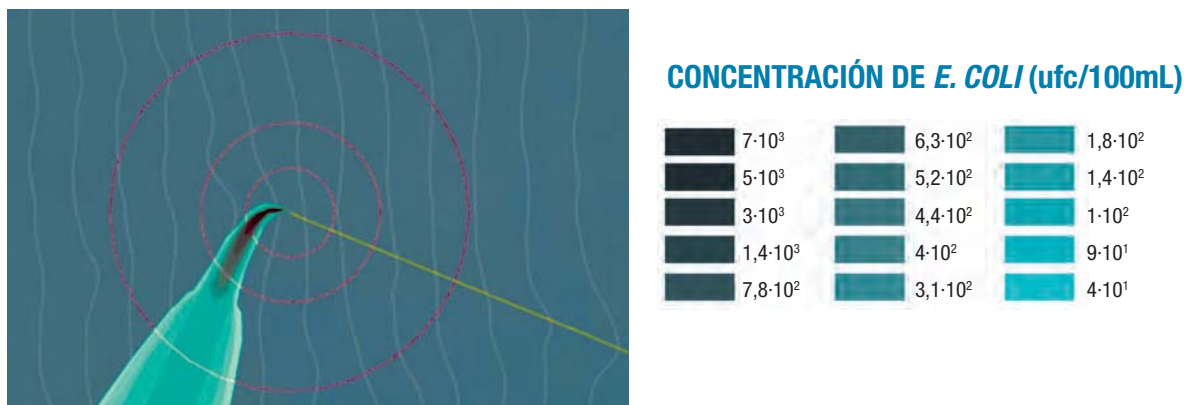
- Las corrientes marinas: velocidad y dirección.
- Características del medio receptor: salinidad, temperatura y densidad.
- Características del efluente.

Tal y como se ha comentado en los puntos anteriores, el objetivo de la modelación era analizar el comportamiento de la descarga del efluente en el agua de mar producido por el sistema de saneamiento, depuración y desalación, y evaluar el efecto que las modificaciones de ciertos parámetros puedan tener en dicho comportamiento.

FIGURA 13.6. FOTOSIMULACIÓN DE LA PLUMA DE VERTIDO (E 1:15.000)



FIGURA 13.7. FOTOSIMULACIÓN DE LA PLUMA DE VERTIDO (E 1:1.000)



Los resultados obtenidos mostraron un aceptable grado de coincidencia entre resultados de la simulación y los obtenidos en campañas de muestreo, lo que ha permitido validar las estimaciones realizadas a partir del programa de simulación.

En general, las conclusiones de este estudio han sido:

- Con el vertido conjunto de aguas depuradas y salmueras se consigue una reducción significativa de la concentración de sales y de microorganismos en el efluente.
- Este tipo de soluciones son igualmente aplicables a otros emplazamientos donde concurren condiciones de vertido similares.
- La mezcla de efluentes (aguas depuradas + salmueras) contribuye a mejorar la calidad de las aguas recreativas y costeras.

CUMPLIMIENTO

DE INDICADORES DEL PROYECTO CARMAC

INDICADORES DE PROGRAMA PCT-MAC

INDICADORES DE REALIZACIÓN	Objetivos alcanzados
Nº de seminarios, jornadas técnicas o conferencias realizadas	11
Nº de estudios y publicaciones realizados	12
Nº de páginas web creadas	2
INDICADORES DE RESULTADO	Objetivos alcanzados
Nº total de participantes en los seminarios y jornadas	382
% mujeres participantes en los seminarios y jornadas	251,4
Nº de accesos a los instrumentos desarrollados via internet	7.932
Nº total de empleos creados	5
% mujeres en empleos creados	3

INDICADORES ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

INDICADORES ESPECÍFICOS	Objetivos alcanzados
Nº parámetros analizados	109
Nº zonas costeras y de baño evaluadas	81
Nº resultados analíticos (nº muestras x nº parámetros)	8.283
Nº de organismos privados que cooperan en el proyecto	7
Nº de modelos, simulaciones o aplicaciones realizadas	23
Nº de instalaciones piloto y estudios de tratamiento de aguas residuales analizados	5
Nº de organismos públicos que cooperan en el proyecto	9
Directrices y guías de procedimiento comunes acordadas entre los socios para incorporar a las AAPP	3
Nº de nuevas zonas de baño con calidad excelente	4
Nº de personas formadas en técnicas analíticas innovadoras	43
Instalaciones piloto y estudios de casos evaluados	8
Rendimiento (%) medio de reducción de materia orgánica obtenido en los estudios de caso en instalaciones piloto	91,65
Nº de nuevas zonas de baño propuestas	9

Jefe de Fila



Socios



Proyecto cofinanciado por

