

Experiencias en la dirección ambiental de las obras de construcción del emisario submarino de Berria (Saneamiento General de las Marismas de Santoña -Cantabria-)

JACOBO FERNÁNDEZ ROJO (*), ALBERTO VALLE ÁLVAREZ (*) y GONZALO RODRÍGUEZ MORENO (**)

RESUMEN Las obras del Emisario Submarino de Berria han sido un referente de la ingeniería civil, tanto por su vanguardia en las tecnologías y materiales empleados como por el enclave natural donde se han ejecutado, las Marismas de Santoña, declaradas bajo múltiples y reconocidas figuras de protección natural desde el ámbito comunitario e internacional (Red Natura 2000, Lista Ramsar de Humedales de Importancia Internacional, Important Bird Area -IBA-...). Desde este punto de vista, la figura de la Dirección Ambiental a disposición de la Dirección de Obra, se convierte en una pieza fundamental para asegurar el cumplimiento de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), dar respuesta a cualquier imprevisto ambiental que pueda surgir durante el desarrollo de las obras, y asegurar la conservación de los valores naturales del entorno. A tal efecto, con el presente trabajo se pretende demostrar que con la metodología empleada, y bajo un control efectivo de diversos indicadores, cualquier actuación de esta índole puede no sólo ser compatible con el entorno, sino mejorar en fase de explotación la calidad de sus aguas, lo que redundará en la mejora de todos sus factores ambientales asociados (fauna, vegetación, procesos ecológicos, etc.). Los resultados y conclusiones del trabajo reafirman las labores y funciones de la Dirección Ambiental, que han ido mucho más allá de la estricta vigilancia de las obras.

EXPERIENCES IN THE ENVIRONMENTAL DIRECTION DURING CONSTRUCTION OF THE SUBMARINE EMISSARY OF BERRIA (GENERAL SANITATION OF THE SALT MARSHES OF SANTOÑA - CANTABRIA-)

ABSTRACT *The underwater outlet of Berria works have been a referent in civil engineering, both for the avant-garde of the technologies and materials used, as well as for the natural enclave where developed, the Santoña marshes, declared under numerous and recognized concepts of natural protection within the Community and international scopes (Natura 2000, The Ramsar List of Wetlands of International Importance, Important Bird Areas -IBA-, ...). From this point of view, the Environmental Management figure at Project Management's disposal, becomes an essential piece to guarantee the performance of the Environmental Impact Statement (EIS), to respond any unforeseen environmental event which could crop up during the works, and to guarantee natural values conservation. So as to meet that objective, this work tries to prove that, thanks to the methodology used and with an effective control of several indicators, any performance of this nature may be, not only compatible with the environment, but it may improve the waters quality, which will have a bearing on all of its associated environmental factors (fauna, vegetation, ecological processes, etc.). Results and conclusions, reassert the Environmental Management's tasks and functions, which go beyond just surveillance.*

Palabras clave: Emisario, Dirección Ambiental, Marismas de Santoña, Programa de Vigilancia Ambiental.

Keywords: Marine outfall, Environmental Management, Santoña marshes, Environmental surveillance programme.

1. INTRODUCCIÓN

La declaración en marzo de 1994 de las Marismas de Santoña como espacio protegido (originalmente como Reserva Natural

aunque posteriormente declarada como Parque Natural, según Ley de Cantabria 4/2006, de 19 de mayo) y la inclusión de las mismas como "Zona Sensible" en el Plan Nacional de Depuración, (aprobado en Consejo de Ministros de 17 de febrero de 1995), no conlleva el desarrollo de un Plan de Saneamiento que resuelva e impida los vertidos contaminantes directos a la Marisma por parte de las localidad limítrofes. Ello ocasiona una queja por parte de la Comisión Europea, por lo que la Dirección General de Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente encarga a la Confederación Hidrográfica del

(*) Servicios Ambientales Integrales del Norte, S.L. C/ Trasmiera 8, bajo 2B. 39005, Santander -Cantabria-.

(**) INOCSA Ingeniería, S.L. Dirección de Agua y Medio Ambiente. C/ Quintana 2, 3º. 28008, Madrid.

Norte (actual Confederación Hidrográfica del Cantábrico) la elaboración de un informe sobre la situación actual de las aguas residuales así como un posterior estudio para el diagnóstico y solución del problema.

En cumplimiento del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, derivado de la trasposición a la normativa estatal de la Directiva 91/271/CEE y como anticipo a las exigencias de la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE, que entraría en vigor a finales del año 2000, y teniendo en cuenta la entidad de las obras previstas y el largo plazo previsto para la puesta en funcionamiento del sistema de saneamiento, la Ley 42/1994 de 30 de Diciembre, declara de interés general el Saneamiento de las Marismas de Santoña, proyecto que cuenta con la correspondiente Declaración de Impacto Ambiental (DIA), aprobada según Resolución de 11 de abril de 2003 de la Secretaría General de Medio Ambiente. Además.

La Confederación Hidrográfica del Cantábrico, como entidad promotora de las obras, y en cumplimiento de la mencionada DIA, así como por la gran relevancia natural del entorno, ha dispuesto de una Dirección Ambiental encargada del desarrollo del preceptivo Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), labor efectuada por las empresas INOCSA Ingeniería y Servicios Ambientales Integrales del Norte.

Con esta publicación se pretende poner de manifiesto la importancia de disponer de este tipo de figuras o asistencias a la dirección de obra, para el control efectivo de los trabajos de construcción sobre entornos especialmente sensibles y/o protegidos, particularizándola para una de las obras más singulares del conjunto: el emisario submarino de Berria.

2. LA OBRA DEL EMISARIO SUBMARINO DE BERRIA

2.1. PRINCIPALES DATOS DE LA OBRA (TABLA 1)

2.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

El proyecto del emisario submarino (Roldan Cartiel, A. y Herrera Pérez, J.A., 2005.) define y desarrolla las obras necesarias para recoger las aguas residuales producidas en los municipios afectados por el Saneamiento General y, una vez

depuradas, enviarlas al mar, a una distancia de la costa superior a 3 kilómetros, cumpliendo en todo caso los límites recogidos en el Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las Normas Aplicables al Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas así como el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo que desarrolla su reglamento.

Siguiendo la circulación del agua, las obras proyectadas se dividen en los siguientes elementos, recogidos gráficamente en la Figura 1.

a) Cámara de carga

Es una estructura de hormigón armado compuesta de dos compartimentos donde termina el emisario terrestre y donde se produce la redistribución del caudal entre el emisario principal y el de emergencia. Permite evacuar por gravedad el caudal de diseño (5.123 l/s) en las condiciones de marea más desfavorables.

Tiene una doble finalidad:

- Aislar los emisarios submarinos mediante sendas compuertas. Con ello, se consigue poner fuera de servicio cualquiera de las dos conducciones además de permitir embalsar aguas arriba el volumen suficiente de efluente para las operaciones periódicas de lavado de los emisarios (*flushing*).
- Servir de alivio del emisario principal desviando el exceso de caudal que no pueda absorber el emisario de emergencia.

b) Tramo en hinca

Debido a las condiciones geológicas del terreno, fue preciso construir una cámara de hinca desplazada de la cámara de carga, ambas comunicadas mediante dos tuberías de polietileno de 1.800 mm de diámetro protegidas con hormigón armado y cubiertas con material de relleno.

Desde la citada cámara, se hincaron las tuberías de los emisarios principal y de emergencia, siguiendo trazas paralelas hasta su salida al mar.

Este procedimiento constructivo se llevó a cabo con objeto de no afectar a la turbera existente en la zona.

La tubería es de hormigón armado, de diámetro interior 2 m, espesor 0,2 m y 505 de longitud.

Principales datos de la obra			
Financiación	85% Confederación Hidrográfica del Cantábrico 15% Gobierno de Cantabria	Duración de los trabajos	30 Meses Inicio: 17/05 /2005 Terminación: 27/12/2007
Inversión total	28.039.394.06 €	Parámetros de diseño	Cuadral máximo a transportar: 5.123 l/s
Dirección de obra	Antonio Roldán Cartiel (Ingeniero de Caminos) José Antonio Herrera Pérez (Ingeniero Técnico)	Trabajos marítimos	Dragado zanja en roca: 26.332,65 m ³ Dragado zanja en arena: 4.958,50 m ³ Grava de regulación en asiento: 13.240m ² Longitud total de tuberías: 4.151,40 m Hormigón relleno en zanjas: 9.839,80 m ³ Gravas y escolleras protección: 165.705.51 m ³
Constructora	UTE Berria (OHL-SATO-SIECSA)	Trabajos terrestres:	Excavación y rellenos: 45.498,70 m ³ Hormigones: 2.115 m ³ Acero: 278.184 kg
Asistencia técnica	PAYMA COTAS, S.A.U.	Actuaciones de restauración	Aportación de tierra vegetal: 2.126,80 m ³ Hidrosiembra herbácea: 12.311.65 m ³ Plantación de árboles: 60 ejemplares

TABLA 1. Resumen de los principales datos de la obra.

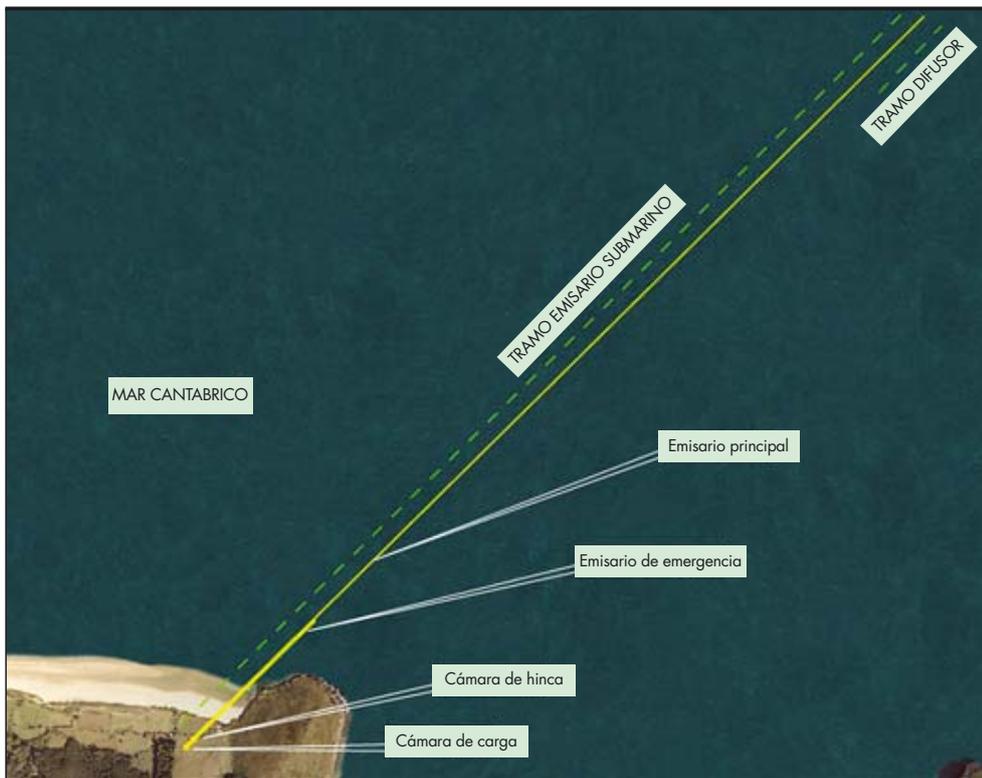


FIGURA 1. Componentes principales del proyecto.

c) Tramo submarino: emisario principal

Desde la finalización de la hincia, el emisario principal continúa con una tubería de polietileno de alta densidad, diámetro de 1.600 mm y una longitud de 3.020 m.

En una primera parte, la tubería se instala sobre una zanja previamente dragada y que, debido a las adversas condiciones meteorológicas del mar Cantábrico, será protegida con hormigón sumergido.

Posteriormente, la tubería se apoya sobre el fondo marino sobre una base de material granular y protegida con escollera con bloques de piedra con un peso comprendido entre 1 y 3 toneladas, variable según la profundidad (hasta 35 m) y las acciones a soportar por el mar.

d) Emisario de emergencia

La finalidad del emisario de emergencia es dar salida a los efluentes depurados en caso de avería u obstrucción del principal.

Tiene una longitud total de 530 m, de los cuales 505 m lo componen tuberías de hormigón armado de diámetro interior 2 m y espesor 0,2 m y los 25 m restantes de tuberías de polietileno de 1800 mm de diámetro.

e) Tramo difusor

En la parte final del emisario principal, concretamente en sus últimos 300 m, se coloca un tramo difusor compuesto por 20 tubos elevadores, con diámetros comprendidos entre 500 y 700 mm y boquillas de salida que disponen de válvulas antirretorno, impidiéndose la entrada de agua de mar.

Los tubos elevadores y válvulas son de dimensiones variables con objeto de lograr que el caudal que sale por las bocas sea lo más uniforme posible y la dilución del vertido cumpla las condiciones impuestas por la normativa vigente.

2.2. SINGULARIDADES AMBIENTALES DEL ENTORNO

Sobre el entorno de la zona y particularmente donde se han ejecutado las obras, se pueden encontrar diferentes hábitats, muchos de ellos catalogados como de interés comunitario al amparo de la *Directiva Hábitats 92/43/CEE*.

Fruto de ello, es su inclusión actual en la red de espacios naturales protegidos de Cantabria, bien por formar parte del Parque Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel (si bien en la fecha de resolución de la DIA, era la Reserva Natural la figura vigente), o bien por formar parte de la Red Europea Natura 2000, tanto Lugar de Interés Comunitario (LIC) como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). A tal efecto, también forma parte de la Lista Ramsar de Humedales de Importancia Internacional y está declarada por la *Seo Bird Life* como IBA (*Important Bird Area*).

Es por ello que dentro del Programa de Vigilancia Ambiental, existen en el emplazamiento de las obras unas zonas consideradas como esenciales:

- **Zona submareal:** sobre ella se ha desarrollado buena parte de la obra, donde el propio emisario submarino va lastrado sobre el fondo.
- **Zona intermareal:** alberga la denominada turbera fósil con una edad estimada de 3000 años (Salas, Remondo y Martínez, 1996), elemento relevante dentro del Parque Natural, lo que ha obligado entre otros motivos a la ejecución del emisario terrestre mediante hincia, dando cumplimiento al apartado 2.1 de la DIA.
- **Zona dunar:** comprende aquellos espacios donde se localiza la duna embrionaria, la duna blanca y la duna gris. Ocupa la parte del territorio entre las zonas terrestres consolidadas (praderías) y las asociadas a la dinámica litoral.

- **Zona de pradería:** donde se ha ejecutado la mayor parte de la obra terrestre (cámara de hinca y cámara de carga).
- **Orla de encinar:** localizada junto a los caminos que ha sido necesario ejecutar para poder acceder a la cámara de carga, evitando con ello, la afección y ocupación de hábitats mucho más sensibles como las comunidades dunares.

3. MATERIAL Y MÉTODOS: LA FIGURA DE LA DIRECCIÓN AMBIENTAL DE OBRA

3.1. ORIGEN

La Dirección Ambiental es una figura de reciente aparición, que si bien se incorpora en diversas publicaciones (Gómez Orea, D., Gómez Villarino, M. 2007), aún no viene recogida en la Ley de Contratos del Sector Público, cada vez es más frecuente, su aparición en los condicionados que el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino introduce en las Declaraciones de Impacto Ambiental de grandes infraestructuras. Ello se debe de manera fundamental, a la ocupación de grandes superficies que generan estas infraestructuras y al aumento de la sensibilidad ambiental en la sociedad, que deriva en una extensa y no siempre sencilla normativa sectorial.

En este sentido, el apartado 14.7 de la DIA del Saneamiento General de las Marismas de Santoña, recoge la obligatoriedad de disponer de una Dirección Ambiental que de cabida a todos estos aspectos.

3.2. COMPOSICIÓN Y FUNCIONES DEL EQUIPO ASIGNADO AL SANEAMIENTO

Para el caso concreto de las obras del Emisario Submarino de Berria, la Dirección Ambiental ha contado con un equipo multidisciplinar formado por 6 técnicos encargados del control y seguimiento de todos los aspectos ambientales de la obra, tanto generales como específicos de ecosistemas, calidad de las

aguas, prospecciones submarinas, arqueología y patrimonio, etc. Todo este equipo ha sido el encargado de llevar a cabo las siguientes tareas:

- Desarrollar el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) de la obra, en consonancia con el resto del Saneamiento, asegurando el cumplimiento por parte del contratista, de todas las exigencias establecidas en la DIA.
- Asesorar a la dirección de obra en aquellos aspectos de relevancia ambiental que se requieran para el normal desarrollo de las obras.
- Establecer en coordinación con el contratista, las medidas necesarias para implementar, mejorar o corregir las prácticas ambientales que mejor respondan al mantenimiento de los valores naturales de la zona.
- Adoptar las pertinentes medidas preventivas y correctoras sobre los posibles impactos que se pudieran originar durante la ejecución de los trabajos.
- Recoger periódicamente en informes técnicos, los resultados del PVA, fruto de la verificación de todos los aspectos relacionados con el cumplimiento de la DIA.
- Elaborar informes de carácter extraordinario, que por motivos particulares, imprevistos o modificaciones del proyecto surjan durante el desarrollo de las obras.

3.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la aplicación efectiva del PVA los técnicos de la empresa *Servicios Ambientales Integrales del Norte, S.L.*, desarrollaron una metodología experimentada con éxito para otras grandes obras civiles (Valle Álvarez, 2004). Las mejoras metodológicas introducidas basadas en publicaciones de distinguido prestigio (Gómez Orea, 2003 y MOPU, 2000) contribuyeron a adaptar el PVA a las peculiaridades de la obra y a su entorno, teniendo en cuenta por un lado, las exigencias de la DIA, y por otro, la conservación de los valores del entorno (Figura 2).

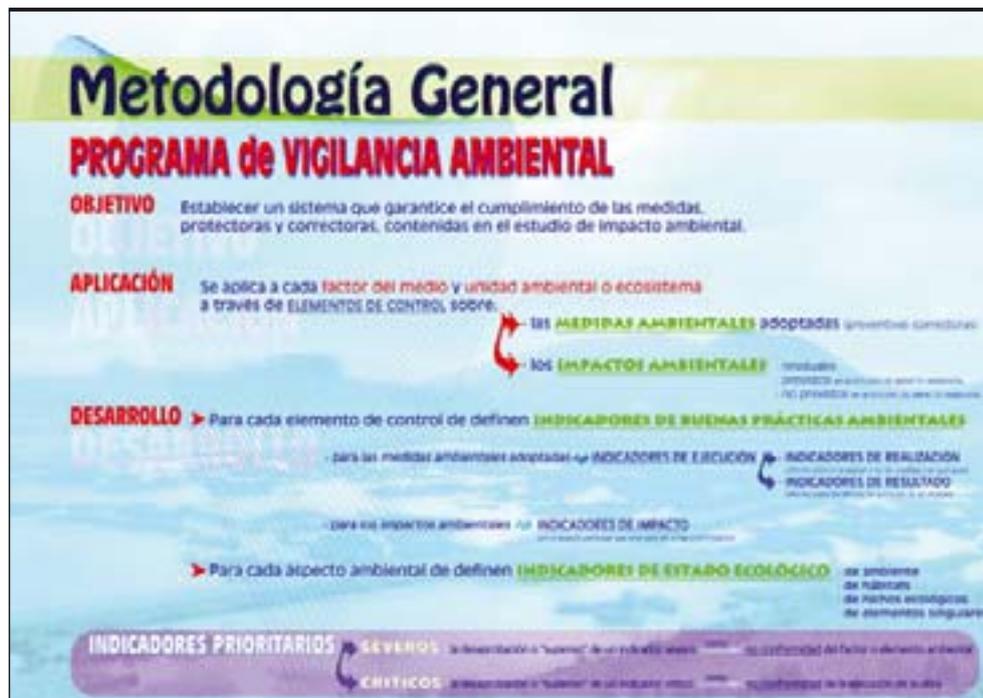


FIGURA 2. Esquema general de la metodología aplicada.



FIGURA 3. Informes derivados del PVA.

En primer lugar, uno de los reflejos más importantes del PVA se ha fundamentado en la emisión de los partes semanales de verificación del estado ambiental de la obra, así como las pertinentes comunicaciones al contratista, sobre las posibles desviaciones o no conformidades surgidas así como la adecuación de las medidas preventivas establecidas. Todo ello, ha sido posible gracias al seguimiento diario efectuado mediante una presencia permanente a pie de obra, por parte de un técnico ambiental cualificado. Cabe destacar además, que con carácter bimestral se han elaborado informes ordinarios de seguimiento que recogían el estado ambiental de la obra, en todo caso, con una frecuencia mayor a la semestral establecida en la DIA (Figura 3).

Para constatar el estado ambiental de la obra, se han identificado unos indicadores de control (los considerados como propios y los prescritos en la DIA), agrupados en elementos de control, que a su vez formaban parte de diferentes factores (atmósfera, aguas, gea, vegetación, fauna, ecosistemas, paisaje, patrimonio, socioeconomía, etc.).

El estado ambiental de la obra, se establecía de manera cuantitativa (en una escala de 0 a 10) para cada uno de los indicadores de control, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$ICAI = Nc - Nr + Nbpa$$

donde,

- ICAI: índice de calidad ambiental del indicador de control
 Nc: (nivel de conservación) indica el estado de conservación del factor ambiental, en una escala de 0 (deficiente) a 7 puntos (óptimo).
 Nr: (nivel de riesgo) indica la probabilidad de que se produzca un daño o impacto ambiental en una escala de 0 (riesgo nulo) a 3 (riesgo muy elevado). También puede hacer referencia a la probabilidad de que una medida ambiental, no se ejecute adecuadamente o no tenga los resultados deseados.

Nbpa: (nivel de aplicación de Buenas Prácticas Ambientales) su objetivo es destacar o “premiar” la adopción de las Buenas Prácticas Ambientales (BPA), que aseguren la calidad ambiental de la obra. En función de las repercusiones de esas medidas, se valora de 0 (inexistencia de medidas a pesar de considerarse necesarias) a 3 puntos (medidas con una repercusión altamente positiva en la calidad ambiental de la obra).

Posteriormente, se establecía la media aritmética entre todos los indicadores, dando como resultado, la valoración numérica del estado ambiental de la obra.

Sin embargo, cabe destacar un aspecto muy importante de la metodología aplicada, como es la presencia de los indicadores de control catalogados como prioritarios, en la medida en la que el incumplimiento de sus umbrales de referencia pueden provocar impactos que comprometan gravemente la integridad ecológica de los ecosistemas o la conservación del resto de elementos del territorio.

Este tipo de indicadores se pueden clasificar en dos categorías:

- **Severos:** aquellos cuyo incumplimiento o superación del umbral implican la no conformidad del factor ambiental al que pertenecen, penalizando moderadamente la valoración general de la obra (ej. Presencia de sustancias contaminantes en las aguas).
- **Críticos:** aquellos cuyo incumplimiento o superación del umbral implican la no conformidad de la valoración general de la obra (ej. Afección a los sistemas dunares o daños sobre la turbera fósil).

4. RESULTADOS, EXPERIENCIAS OBTENIDAS Y TRABAJOS DESARROLLADOS

Se describen de manera sucinta, los principales trabajos desarrollados y experiencias obtenidas en la Dirección Ambiental de las obras del Emisario Submarino de Berria.



FIGURA 4. Comunidades algales situadas en el fondo marino.



FIGURA 5. Replanteo del eje del emisario sobre el lecho marino.

4.1. TRABAJOS PREVIOS

Como primer paso, y tras las oportunas comprobaciones sobre el terreno, se verificó la adecuación del proyecto de construcción a todas las prescripciones recogidas en la DIA.

Además, se comprobó que el replanteo inicial de las obras, se ajustaba estrictamente a lo establecido en la propia DIA dando cumplimiento a todos los aspectos relacionados con la conservación de los valores naturales de la zona y a la ocupación de terrenos.

4.2. CONTROL DE LOS TRABAJOS SUBMARINOS

Ya que una parte sustancial de las obras, lo componen las actuaciones submarinas, las labores desarrolladas por la Dirección Ambiental, no podían obviar el control de estos trabajos, que por otra parte, requerían de un alto grado de especialización, sobre todo, por la disposición de equipos submarinos de trabajo, tanto técnicos (cámaras fotográficas, equipos de inmersión...) como humanos (buzos especialistas). Es por ello, que durante la ejecución de los trabajos marítimos, se efectuaron inspecciones consistentes en lo siguiente:

- Antes del inicio de las obras, identificación y evaluación del estado de conservación de las comunidades vegetales y animales del entorno del eje de la traza del emisario (Figura 4).
- Verificación del estado de conservación del lecho marino.
- Control de las emisiones de turbidez a la lámina de agua y mantenimiento de los parámetros para la conservación de las condiciones vitales de moluscos y otros invertebrados marinos (R.D. 345/1993, de 5 de marzo, por el que se establecen las normas de calidad de las aguas y de la producción de moluscos y otros invertebrados marinos vivos), derivados de los movimientos de tierras efectuados sobre el lecho marino, bien en zonas de desmonte que requirieron el uso de explosivos o bien en zonas de terraplén donde fue necesaria la aportación de material de pedraplén, voladura y escollera.
- Repercusión ambiental de las obras sobre el lecho marino y sobre la dinámica de poblaciones vegetales y animales (Figura 5).

Los resultados de los trabajos efectuados durante las sucesivas inspecciones han sido los siguientes:

1. No se registró la presencia en el entorno de la traza del emisario submarino de especies vegetales o animales de especial relevancia ambiental.

2. No se encontraron evidencias de que los trabajos efectuados hayan dado como resultado, el desprendimiento de masas aparentes de arcillas o remoción de hidrocarburos depositados en los fondos arenosos del entorno del emisario.

3. Las principales comunidades vegetales afectadas, han sido por un lado, algales (dominadas por algas verdes, rojas y pardas, especialmente de los géneros, *Ulva*, *Cystoseira* y *Pelvetia*) poco desarrolladas en superficie y por otro, arenales submareales de limitada capacidad de acogida para fauna, salvo la bentónica, no reconocida visualmente por razones obvias (aunque conformada probablemente, por poliquetos sabélidos y crustáceos de actividad epibentónica).

4. Las comunidades faunísticas identificadas se corresponden con poblaciones de necton, representado por peces como julias (*Coris julis*), cabras (*Serranus cabrilla*), y panchos o aligotes (*Pagellus acarne*, *Pagellus bogaraveo*), abundantes en los fondos de roca. En los arenales no se han podido evidenciar cardúmenes relevantes.

5. No se observó mortalidad alguna entre las comunidades presentes, por la presencia de peces flotando tras los trabajos, o arrastrados a las playas cercanas.

4.3. CONTROL DE LAS EMISIONES A LA ATMÓSFERA

Respecto a las emisiones a la atmósfera por parte de la maquinaria empleada, y en cumplimiento del apartado 6 de la DIA, se verificó el cumplimiento de la normativa en cuanto a su estado de conservación por la emisión de gases, polvo, humos y ruidos.

Para ello, se ha contado con los preceptivos certificados CE de la maquinaria, y se han realizado mediante sonómetro digital integrador, muestreos de inmisiones en las viviendas del entorno de las actuaciones terrestres.

Si bien, el uso de explosivos en los trabajos marítimos y terrestres ha originado quejas en la población residencial de la localidad de Berria (T.M. de Santoña), por la supuesta afección estructural a sus viviendas, posteriormente se ha demostrado como efectivamente, las obras no han generado ningún tipo de riesgo o daño. Todo ello, se ha verificado gracias a la disposición de sismógrafos que cuantificaban las vibraciones recibidas en las citadas viviendas, constatando el cumplimiento estricto de la normativa vigente y el adecuado control de las voladuras, tanto en el medio marítimo como terrestre.



FIGURA 6. Dispositivos de desarenado y recirculación de las aguas empleadas en el frente de excavación.

4.4. CONTROL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Un aspecto importante durante las obras, y contemplado en el apartado 3 de la DIA, fue el control de la calidad de las aguas vertidas al exterior de la obra como consecuencia de los movimientos de tierra y las operaciones de hinca del emisario principal y de emergencia. Para ello, se llevaron a cabo, con carácter semanal, muestreos físico-químicos de las aguas mediante equipos multiparamétricos para el control de parámetros como pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad eléctrica, etc.

Estos muestreos se realizaron tanto en los puntos emisores como receptores de los efluentes, para de este modo, situar y acatar el origen de cualquier desviación o problema que pudiera surgir, así como comprobar la efectividad de las medidas adoptadas, que se exponen a continuación.

Anticipándose a las posibles incidencias que pudieran darse en este sentido, se tomaron una serie de medidas preventivas para que los valores de vertido se ajustasen a la normativa vigente, en concreto, la construcción de una balsa de decantación de hormigón con materiales filtrantes (geotextiles) y la retirada periódica de los lodos decantados.

No obstante, durante las operaciones de hinca, el volumen de excedente de lodos procedentes del frente de excavación, superó todas las previsiones, lo que obligó a adaptar medidas extraordinarias, pues las dispuestas hasta ese momento (la citada balsa de decantación y los dispositivos de desarenado y recirculación de las aguas empleadas en el frente de excavación a modo de circuito cerrado -Figura 6-) no eran lo suficientemente eficaces como para minimizar las emisiones de sólidos en suspensión.

En un primer momento, se instaló una planta móvil de tratamiento de lodos, en la que por procesos de decantación-floculación, se conseguía extraer gran parte de los lodos. Sin embargo, pronto se observó como la capacidad de la planta era sobrepasada por el caudal de aguas a tratar, con lo que este dispositivo hubo de ser sustituido por otro más eficaz y de mayor capacidad de tratamiento. En este sentido, se procedió a la construcción de unos circuitos de decantación, con un aumento considerable de la superficie de decantación, y por tanto, del volumen a tratar (Figura 7).

Con ello, se consiguió el tratamiento total de todos los lodos, que una vez decantados y con el contenido en humedad admisible, fueron tratados como inertes y trasladados al vertedero autorizado por la DIA (Cantera El Sorbal).

4.5. CONTROL DEL DESTINO DE LOS EXCEDENTES, CALIDAD DE LOS SUELOS EXTRAÍDOS Y OCUPACIÓN DE TERRENOS

Un aspecto importante que se ha contemplado en el proyecto, ha sido precisamente la reutilización de los materiales extraídos en la excavación de la cámara de carga, bien en la propia obra para el posterior relleno de la citada cámara, en el acondicionamiento del camino de acceso a la misma o bien, en otras obras del Saneamiento, que requerían material apto para relleno.

Los materiales realmente excedentes, han sido trasladados a la antigua cantera abandonada de El Sorbal, situada en el T.M. de Santoña, dando cumplimiento a uno de los aspectos que priorizaba la DIA, en concreto en su apartado 10. Con ello además, se ha conseguido por un lado, evitar la apertura de nuevos vertederos y por otro, contribuir a la regeneración geo-



FIGURA 7. Circuitos de decantación instalados durante las labores de excavación de la cámara de carga.

morfológica de un espacio degradado por las actividades extractivas realizadas antaño.

Por otro lado, el apartado 1 de la DIA establecía la obligatoriedad de la extracción selectiva de los suelos vegetales para su posterior empleo en las labores de restauración. En este sentido, en el desarrollo del PVA, se ha verificado la calidad de la tierra fértil y la adecuada conservación y disposición de sus acopios temporales (en cuanto a los procesos de aireación-compactación), dando como resultado una inmediata revegetación natural de los mismos, como consecuencia del banco de semillas y material vegetal vivo que incorporaba.

Finalmente, el control de la ocupación del suelo ha sido otro de los factores esenciales en este apartado, por cuanto la presencia de diversos espacios naturales protegidos, hábitats naturales y especies de fauna y flora de interés, restringían enormemente la superficie de ocupación, sobre todo, en lo referente a la ejecución de las obras terrestres.

Para ello, se identificaron los elementos más significativos del entorno, como son los sistemas dunares (embrionarios y evolucionados) y los humedales (formados por comunidades de *Iris* sp., *Juncus* sp., *Typha* sp., etc.), y se procedió a su jalamiento y delimitación preventiva.

4.6. CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN

En lo referente al factor de la vegetación, cabe mencionar dos aspectos objeto de control en el Programa de Vigilancia Ambiental.

Por un lado, la verificación de los desbroces de vegetación, sobre manera, los que afectaban a vegetación autóctona o de interés. En este sentido, se elaboró un estudio exhaustivo con la descripción, identificación, situación y tipo de actuación (poda o eliminación) de los ejemplares afectados por las obras. Posteriormente, tras su aprobación en el Comité de Seguimiento de la DIA, se ejecutaron los desbroces de vegetación en las áreas afectadas (cámara de carga y caminos de acceso) con arreglo escrupuloso a lo acordado en el mencionado comité.

Por otro lado, y dada la problemática creciente con respecto a la colonización de nuevas áreas por parte de vegetación alóctona invasora, en especial, el plumero (*Cortaderia selloana*), durante la totalidad de las obras, se ha llevado a cabo un control exhaustivo para prevenir su asentamiento y propagación, y en definitiva, la degradación de los espacios de alto valor natural. Todo ello, se ha llevado a cabo mediante inspecciones visuales, que permitieran establecer las medidas correctoras y la necesidad de aplicar técnicas de erradicación.

Sin embargo, este tipo de medidas no han sido necesarias pues, no se han identificado áreas afectadas por la presencia de plumero, como consecuencia directa o indirecta de las obras, a pesar de los riesgos existentes por la propia biología de estas especies, expertas colonizadoras de suelos desnudos de vegetación (como los generados durante los movimientos de tierras).

4.7. CONSERVACIÓN DE LA FAUNA

De acuerdo a lo recogido en el apartado 4 de la DIA, la protección de la fauna se encuadra como un elemento esencial dentro del PVA. Las labores efectuadas en este sentido, han consistido en la evaluación de indicadores ecológicos, capaces de predecir o destacar en su caso, posibles afecciones sobre las especies de avifauna, herpetofauna, y piscifauna del entorno (algunas incluidas en el Anexo II de la Directiva Hábitats 92/43/CEE y en el Anexo I de la vigente Directiva Aves 2009/147/CE). Algunos de estos indicadores son:

- Alteración de la composición florística habitual.
- Presencia de especies invasoras.
- Variación de la cobertura vegetal.
- Presencia de alteraciones por enfermedad.



FIGURA 8. Ejemplar de lagarto verdinegro (*Lacerta schreiberi*) localizado en el entorno de las obras, especie protegida al amparo de la Directiva 92/43/CEE.

- Alteración de las funciones fisiológicas.
- Funcionalidad.

Es de destacar que no se han evidenciado afecciones sobre la fauna durante todas las obras, tanto en el medio marino como terrestre, observando una completa normalidad en cuanto a sus conductas y actividades funcionales (Figura 8).

4.8. RESTITUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS AFECTADOS

Si bien las obras han conseguido la restitución de todos los sistemas naturales interceptados, cabe destacar por encima de todo, las labores efectuadas para el restablecimiento del sistema dunar afectado.

Durante la ejecución de la hincada del emisario principal, se observaron entradas masivas de agua que obligaron a detener los trabajos y proceder a la recuperación y consiguiente reparación de las deficiencias observadas en la microtuneladora. La máquina se detuvo precisamente sobre un espacio ocupado por dunas blancas o secundarias, con presencia de especies típicas como barrón (*Ammophila arenaria*), lechetrezna del mar (*Euphorbia paralias*), cardo marítimo (*Erygium maritimum*), grama de mar (*Elymus farctus*) e hinojo marino (*Crithmum maritimum*) (Figura 9).

Para llevar a cabo estas actuaciones, se debía afectar significativamente a la formación descrita, pues de otro modo,



FIGURA 9. Situación previa de la duna tras la avería en la microtuneladora.



FIGURA 10. Vista general de la duna tras la recuperación de los dos primeros módulos de la microtuneladora.



FIGURA 11. Situación de la duna tras su recuperación geomorfológica.

hubiera sido imposible completar la obra (Figura 10). Para ello, la Dirección Ambiental elaboró un informe específico que estableció las bases de información para que las administraciones competentes autorizaran las actuaciones previstas, no contempladas lógicamente en el proyecto original y por tanto en la DIA. No obstante, estas administraciones condicionaron la autorización a la total restitución de los hábitats afectados, en especial, el sistema dunar, además de otro tipo de criterios preventivos durante la ejecución de los trabajos de rescate de la máquina.

Una vez resueltos los problemas técnicos de la microtuneladora, y realizado un exhaustivo análisis de los requerimientos y técnicas disponibles, se procedió a la citada restitución dunar, llevando a cabo las siguientes labores:

1. Recuperación geomorfológica de la duna, intentando simular las condiciones naturales y la adecuada transi-

ción y conectividad entre la zona intermareal, la propia duna y la pradería (Figura 11).

2. Petición del material vegetal específico a la D.G. de Costas, a través de un vivero acreditado en Cantabria. En total, se recibieron 6000 plantas para utilizar en los 500 m² de actuación.
3. Implantación del material vegetal según las necesidades observadas y las propuestas de actuación. La zona más próxima al intermareal arenoso, se recuperó con grama de mar (*Elymus farctus*). La morfología de esta especie favorece la dinámica dunar en la zona posterior, donde precisamente se combina además con el barrón (*Amophylla arenaria*), que en este caso ejerce un efecto barrera, permitiendo la transición adecuada hacia la zona de pradería. En esta zona de transición se ubica un talud que fue revegetado con *Festuca rubra* subsp. *arenaria* (Figura 12).

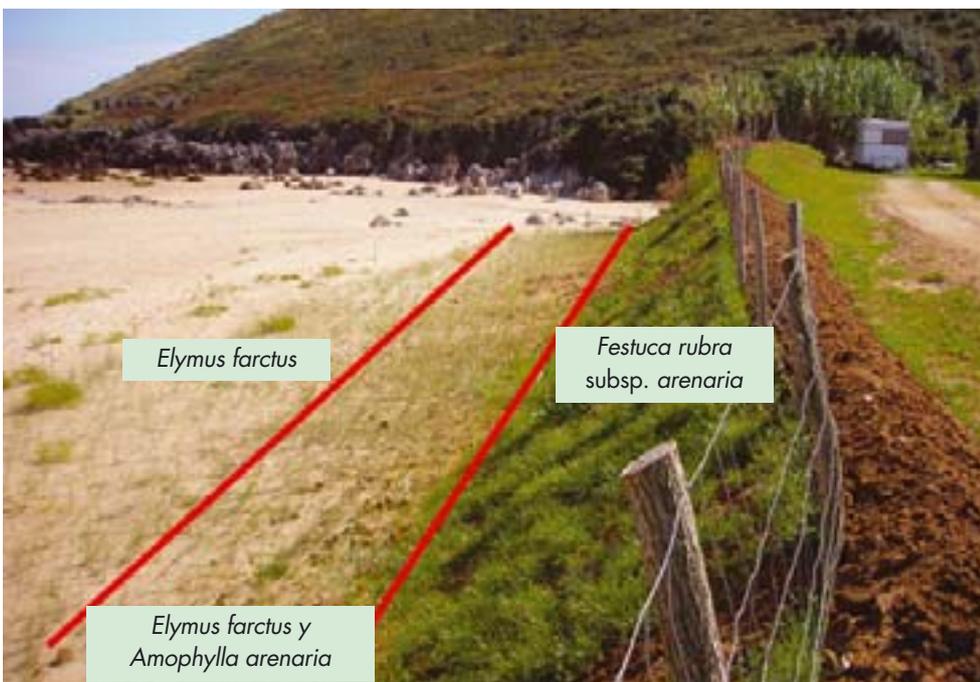


FIGURA 12. Aspecto final de la zona objeto de actuación trascurridos 4 meses de las actuaciones sobre la duna.

4. Jalonamiento de protección en el perímetro de actuación e instalación de carteles informativos para evitar el pisoteo.

Con todas estas actuaciones se pretendía acelerar y favorecer los procesos naturales que dieran lugar a la colonización de especies propias de estos entornos, una vez se alcanzaran los estadios más evolucionados. De hecho, trascurridos unos cuatro meses de la actuación, especies como la oruga de mar (*Ca-kile maritima*), comenzaron a colonizar la zona, aspecto que certificaba el éxito de las medidas adoptadas.

4.9. INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA DE LAS INFRAESTRUCTURAS

El apartado 11 de la DIA establece las medidas generales para la integración paisajística de las infraestructuras asociadas al Proyecto del Saneamiento General. En este sentido, a la hora de concretar los criterios de minimización del impacto paisajístico de las infraestructuras asociadas a la obra del Emisario Submarino de Berria, se adoptaron las siguientes medidas.

- Restitución geomorfológica de las zonas afectadas, generando al igual que en la situación preexistente, un relieve irregular simulando las condiciones naturales.
- Revegetación de los espacios afectados mediante hidro-siembra, técnica que acelera los procesos de germinación de las semillas herbáceas.
- Diseño de plantaciones considerando criterios de ocultación parcial de las infraestructuras, utilizando especies perennifolias propias del elenco natural de la zona.
- Seguimiento de las operaciones de hidrosiembra y plantación de especies arbóreo-arbustivas, verificando que las especies y condiciones de ejecución eran las adecuadas a las previsiones establecidas en el PVA.

Con todo ello, se ha conseguido que las afecciones sobre el paisaje de la zona, hayan sido mínimas teniendo en cuenta el alto grado de naturalización del entorno.

4.10. PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Considerando la turbera fósil como elemento patrimonial de interés, cabe destacar que se adoptaron medidas preventivas específicas en la fase de redacción del proyecto. En este sentido, y puesto que su ubicación es difusa por encontrarse parcialmente descubierta en el ámbito intermareal y constatando que interceptaba con la traza del emisario terrestre (principal y de emergencia), se optó por un método constructivo que minimizara cualquier impacto: la perforación dirigida o hinca, aspecto contemplado en el apartado 2.1 de la DIA.

Por otro lado, en consonancia con las prescripciones recogidas en el apartado 8 de la DIA relativas a la conservación del patrimonio cultural, se consideró necesaria la protección de la Ermita de San Nicolás, situada junto al camino de acceso a la cámara de carga. Su lamentable estado de conservación, con presencia abundante de vegetación en sus estructuras provocando por efecto de las raíces, grietas y abombamientos en sus paramentos, hacía aconsejable adoptar una serie de medidas, que evitaran cualquier deterioro por efecto directo o indirecto de las obras. Para ello, se procedió tal y como recomendaron los técnicos especialistas en arqueología, a la limitación de velocidad a 20 km/h en un radio de 50 m, para la maquinaria pesada circulante por el camino de acceso, con objeto de evitar cualquier emisión vibratoria que pudiera comprometer el ya precario estado de conservación de la ermita.

4.11. CONSERVACIÓN DE LOS USOS SOCIOECONOMICOS Y PRODUCTIVOS

Todas las obras generan en mayor o menor medida unas interferencias con los diferentes usos del entorno, especialmente en

zonas como el entorno de Berria, donde confluyen intereses derivados de la actividad pesquera, turística y recreativa. En este sentido, el PVA ha asegurado que las obras afectarán en lo mínimo posible a todas estas actividades, mediante la adopción de las siguientes medidas.

- Adecuada señalización y jalonamiento de las obras.
- Reposición de servicios, caminos y servidumbres afectadas de manera temporal.
- Ejecución de voladuras controladas para minimizar las afecciones sobre el sector pesquero y el confort sonoro del entorno.
- Balizamiento de las obras que interfirieran con los usos recreativos.

Con independencia de otras labores desarrolladas, los trabajos asociados a la Dirección Ambiental de las obras del Emisario Submarino de Berria, se han reflejado en los siguientes documentos:

- 1 informe inicial que recoge el análisis previo del entorno de las obras así como el alcance y metodología del PVA.
- 14 informes ordinarios, emitidos con una frecuencia bimestral a lo largo de toda la obra, donde se realiza una valoración ambiental de las actuaciones.
- 10 informes extraordinarios, surgidos de situaciones ambientales acaecidas por imprevistos, tramitaciones administrativas o por petición de la Dirección de Obra.
- 98 partes de inspección, derivados de la comunicación a la contrata de cualquier aspecto de interés, no conformidades, situaciones sobre las que se identificara algún riesgo de impacto, o bien, verificación de la idoneidad de las medidas preventivas o correctoras adoptadas en cada momento.
- Todos los informes exigidos por la DIA, en concreto en su apartado 14.8 de la DIA, entre los que destacan: el informe de adecuación ambiental del proyecto a la declaración, el informe paralelo al acta de comprobación del replanteo y el informe previo a la emisión del acta de recepción de las obras.

De la aplicación de la metodología para la determinación del índice de calidad ambiental general de la obra, se han obtenido unos resultados bastante satisfactorios, indicativos de la correcta aplicación de las medidas preventivas y correctoras adaptadas. Un resumen de los resultados del seguimiento ambiental efectuado se puede observar en las Figuras 13 y 14.

No obstante, cabe destacar que han sido los factores “agua” y “usos socioeconómicos y productivos”, frecuentemente en estrecha conexión, donde se han identificado los riesgos más notables de afección. Por un lado, tanto los trabajos terrestres como marítimos, han generado riesgos de contaminación de las aguas, bien por turbidez durante las labores submarinas o bien por emisión de sedimentos y otras sustancias durante las labores de hinca del emisario principal y de emergencia. Por otro lado, las obras tienen un componente marítimo muy importante que genera una serie de riesgos sobre los usos turísticos y recreativos en la Playa de Trengandín y sobre la actividad pesquera, de gran relevancia económica en la zona. Sin embargo, la adopción de medidas preventivas y correctoras, explicadas con anterioridad, ha supuesto la minimización de cualquier impacto sobre estos factores.

Con respecto al resto de factores, sólo se pueden resaltar los aspectos positivos, contribuyendo en su conjunto al mantenimiento de una notable calidad ambiental de la obra.

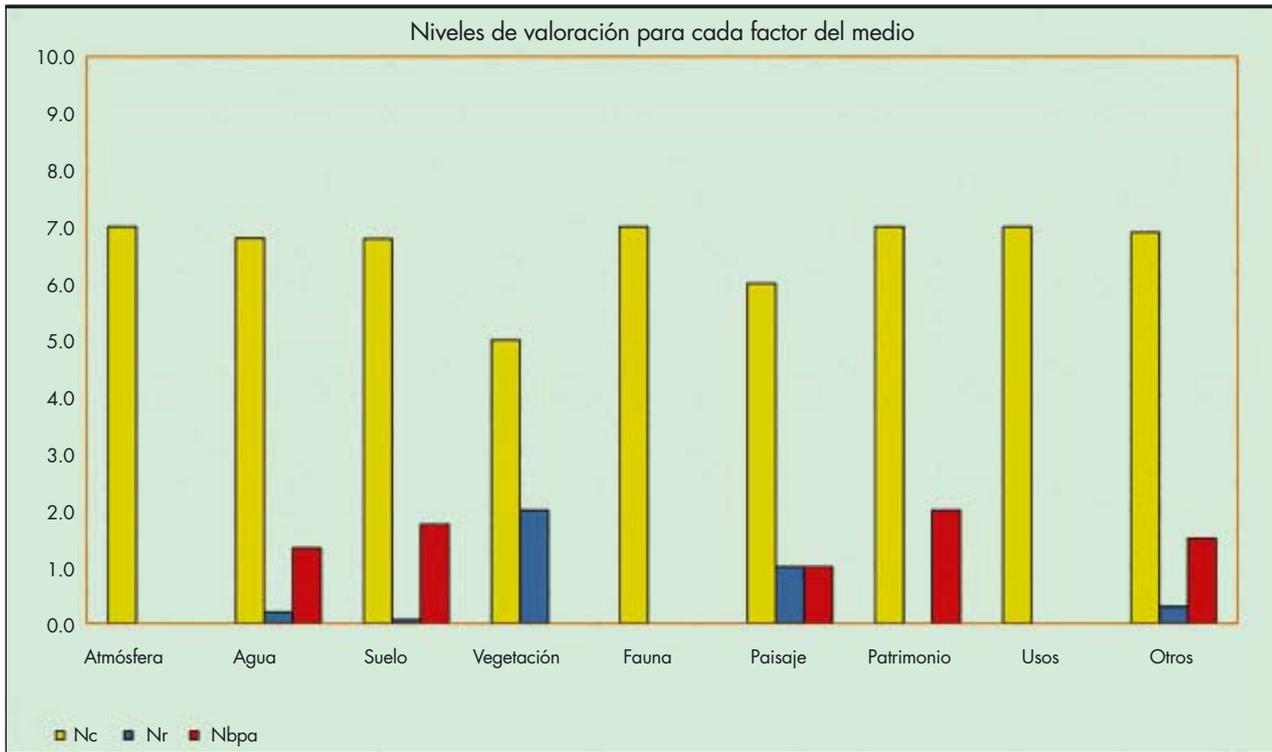


FIGURA 13. Valoración de los diferentes factores ambientales analizados en el último informe ordinario (enero 08).

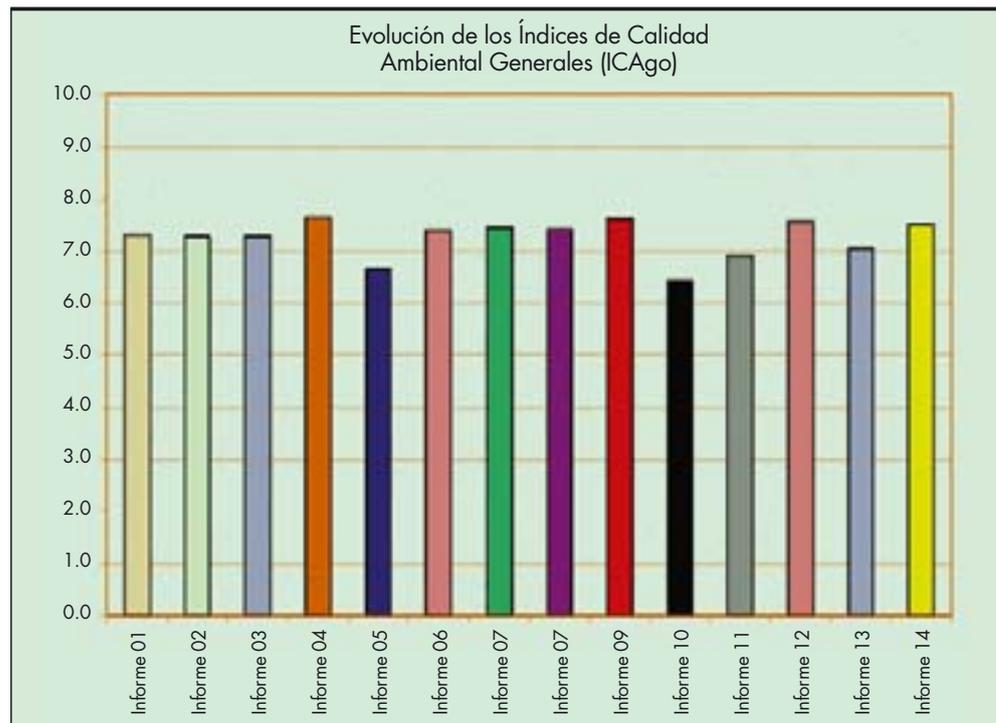


FIGURA 14. Evolución de la valoración general de la obra en los diferentes informes ordinarios emitidos.

5. DISCUSIÓN

De las experiencias obtenidas durante los trabajos relacionados con la Dirección Ambiental de las obras del Emisario Subma-

rino de Berria, cabe insistir en lo fundamental de contar con un equipo multidisciplinar de técnicos que en conjunto dominen todos los aspectos propios de un proyecto desde sus fases iniciales hasta la conclusión de la obra y la puesta en funciona-

miento de la misma. Es por ello que la participación activa de los técnicos medioambientales en la elaboración y desarrollo de proyectos contribuirá a la mejor compatibilidad de las actuaciones con aquellas áreas de mayor fragilidad o nivel de protección ambiental, lo que en definitiva puede suponer un acortamiento de los plazos administrativos de obligado cumplimiento que en ocasiones son objeto de críticas por parte de la ciudadanía.

Otras de las experiencias obtenidas es que, no sin la lógica motivación, son muchos los proyectos que "a priori" generan rechazo por parte de diversas asociaciones de todo tipo cuando se enclavan en un espacio protegido, por su repercusión en las fases de construcción como explotación. No obstante, la disposición de una Dirección Ambiental contribuye cuando menos a reducir las dudas sobre la viabilidad del proyecto, aunque se considere necesario una regulación normativa y amplia difusión de esta figura adscrita al nivel jerárquico de la Dirección de Obra.

Por otro lado, en el caso de las obras de saneamiento, y en particular, el proyecto del Emisario Submarino de Berria, se puede afirmar indudablemente que contribuirá a la mejora del estado de conservación del Parque Natural donde se enclava, no solo durante su explotación (como es evidente dadas las características del proyecto), sino también en fase de construcción por la rigurosa elección de la traza, la adopción de técnicas de ingeniería que han minimizado e incluso evitado la afección a los valores naturales del sistema y la mejora de algunos de los sistemas ecológicos que previamente estaban degradados por efecto de las acciones antrópicas.

De todo lo expuesto con anterioridad, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. La figura de la Dirección Ambiental se erige como un instrumento esencial en apoyo a la Dirección de Obra para la preservación de los valores ambientales en áreas de gran riqueza natural, como las Marismas de Santoña.
2. A su vez, el apoyo mostrado por la Dirección de Obra para el desarrollo del PVA, ha resultado fundamental, para que las obras hayan respetado escrupulosamente la riqueza natural del área de actuación. Para el correcto funcionamiento de esta figura, se considera esencial la complicidad de la administración promotora de los proyectos y obras.
3. La integración en los proyectos de las necesarias medidas de prevención y corrección de impactos, convenientemente descritas y presupuestadas y acordes a los procesos constructivos a desarrollar en la fase de construcción, supone una herramienta extremadamente útil y eficaz para compatibilizar cualquier actuación con la preservación de los valores naturales de su entorno.
4. Las obras del Emisario Submarino de Berria han cumplido con las prescripciones ambientales recogidas en la DIA y en los indicadores de seguimiento propuestos en el PVA.
5. La valoración de la calidad ambiental durante la ejecución de las obras es ligeramente superior a los siete (7) puntos sobre diez (10), dando como resultado unas obras enmarcada dentro de la "relevancia ambiental".
6. Los posibles impactos generados sobre el entorno terrestre se pueden calificar como compatibles, y en todo caso, con un carácter temporal y reversible, gracias a la efectividad de las medidas adoptadas.
7. Las infraestructuras submarinas instaladas no alteraron significativamente las condiciones del entorno, habiéndose producido modificaciones mínimas en los fondos marinos.
8. La justificación del proyecto (infraestructura que forma parte de un saneamiento integral, cuyo objetivo primordial, es evitar los vertidos incontrolados de aguas residuales) queda suficientemente avalada por el respeto a las condiciones naturales del entorno, tanto en fase de redacción del proyecto, como en la fase de construcción.

6. AGRADECIMIENTOS

Desde estas líneas se quiere agradecer muy especialmente el apoyo y labores de coordinación efectuados por todos los técnicos de la Dirección Técnica de Santander, y muy especialmente al Director Técnico Adjunto. D. Manuel Fernández Gómez y a los técnicos adscritos a la Dirección de Obra. D. Antonio J. Roldán Cartiel y José Antonio Herrera Pérez, así como a todos los integrantes del equipo de Vigilancia Ambiental (técnicos, vigilantes, auxiliares, etc.), por su trabajo y esfuerzo aportado en todas las fases de la obra.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. DOCUMENTOS TÉCNICOS

- Roldan Cartiel, A., Herrera Pérez, J.A. 2005. Proyecto de construcción del Emisario Submarino de Berria. Confederación Hidrográfica del Norte (Ministerio de Medio Ambiente).

7.2. LIBROS

- Gómez Orea, D. 2003. Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental. 2ª ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Gómez Orea, D., Gómez Villarino, M. 2007. Consultoría e ingeniería ambiental: planes, programas, proyectos, estudios, instrumentos de control ambiental, dirección y ejecución ambiental de obra, gestión ambiental de actividades. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- MOPU. 2000. Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental, 1: carreteras y ferrocarriles. 4ª ed. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

7.3. PUBLICACIONES

- Salas, L., Remondo J. y Martínez, P. 1996. Cambios del nivel del mar durante el Holoceno en el Cantábrico a partir de estudio de la turbera de Trengandín. IV Reunión de Geomorfología. O Castro (A Coruña).
- Valle Álvarez, A., Castillo López, E. 2004. Propuestas para la gestión de las obras e intervenciones en espacios naturales del litoral. II Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente (pág.: 2189-2203).
- Valle Álvarez, A., Osorio Manso, J.A., Fernández García, V., Castillo López, E. 2004. Implantación de buenas prácticas ambientales en las obras costeras. II Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente (pág.: 2179-2188).
- Purroy, F., González, S., Canales, G., Flor, E., Vega, J.J., García, M.A., Van den Eynde E., y Besada, J.M. 1993. La Reserva Natural de las Marismas de Santoña, Victoria y Joyel. Fundación Cultural Banesto. Colección Patrimonio Medioambiental y Humano.
- Valle Álvarez, A. 2004. La vigilancia ambiental de las obras civiles. Uso de Programas de Vigilancia Ambiental e Índices de Calidad Ambiental. Revista Tecno Ambiente (marzo 2004).