

Evaluación Del Impacto Ambiental De Las Desaladoras

Autor principal: Juan J. Martínez de la Vallina

Institución: ACUAMED

Teléfono:

E-mail: jvallina@acuamed.com

Otros autores:

INTRODUCCION

Una de las propuestas más destacadas del programa AGUA (Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua) del Ministerio de Medio Ambiente, es la desalación como generador prioritario de recursos hídricos en cantidad y calidad, tanto para consumo humano como para uso agrícola e industrial.

Y al hilo de lo innovador de esta apuesta frente a la tradicional metodología de aumentar recursos por medio de la redistribución de los existentes vehiculados por trasvases ínter cuencas, ha generado un fuerte y sostenido debate basado en los presuntos efectos ambientales negativos que conllevan la construcción y explotación de las desaladoras.

Y la realidad es que las plantas desaladoras son una de las infraestructuras con menor y más asumible impacto ambiental, y más si las comparamos con similares como puedan ser las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales.

Estas “Fábricas de Agua”, recluidas en instalaciones de escasa altura y capaces por tanto de ser integradas perfectamente en el paisaje en que se inscriban, presentan una contaminación atmosférica absolutamente nula, una contaminación sónica perfectamente asumible mediante aislantes acústicos, y conducciones totalmente capaces de ser integradas, simplemente con ejecutarlas enterradas.

Y en cuanto a los posibles efectos sobre las fanerógamas marinas, pueden ser evitados sencillamente vertiendo en lugares donde no existan y mediante técnicas adicionales de dilución de la fracción hipersalina sobrante así como su emisión al mar mediante difusores específicos diseñados y probados a tal fin.

Todo lo cual queda de manifiesto en los Estudios de Impacto Ambiental redactados por Acuamed al efecto y en los que se han incluido cartografías bentónicas, realizadas ex profeso, de las zonas estudiadas y modelos de dilución de los emisores a lo que se ha de añadir las previsiones de seguimiento que darán un conocimiento más profundo del comportamiento de dichas especies en condiciones de entorno que aún no han podido ser estudiadas con profundidad.



LA DESALACIÓN

Es una técnica que consiste en retirar la sal del agua marina o salobre, para convertirla en un recurso aprovechable tanto para el abastecimiento humano, como para riego o usos industriales, es pues una práctica que puede aumentar significativamente los recursos no convencionales de agua, y en consecuencia, paliar déficits de la demanda

El sistema de eliminación de sales del mar o destilación se conoce desde la antigüedad, pero implicaba un consumo muy alto de energía lo cual lo hacía inviable a nivel económico. En fechas más recientes el desarrollo tecnológico permite la obtención de agua dulce (contenido en sales inferior a 500 ppm) a partir de agua de mar (contenido en sales del orden de 35.000 ppm) a un coste aún elevado pero progresivamente decreciente, que puede ser asumido por ciertos usos.

Según datos de la Asociación Internacional de Desalación (IDA), del año 2000, en el mundo existen 13.600 desaladoras, con una capacidad de producción de 26 Mm³/día, y distribuidas entre 120 países.

España es el quinto país, en capacidad de desalación instalada; detrás de los Estados del Golfo Pérsico, con Arabia Saudí a la cabeza, y de los Estados Unidos

En España, actualmente, existen más de 900 desaladoras, que producen 1.540.000 m³/día de agua desalada. De éstas el 87% son de Ósmosis Inversa; utilizando como materia prima el 49'1% agua de mar y el 50'9% agua salobre.

63 desaladoras tienen una capacidad de producción comprendida entre 600 y 5.000 m³/día.

17 desaladoras tienen una capacidad de producción comprendida entre 5.000 y 20.000 m³/día.

16 desaladoras tienen una capacidad de producción de más de 20.000 m³/día

A finales de 1998, en España, el 4,9% del consumo total de agua para abastecimiento urbano era agua desalada.

El destino de esta agua es: el 56% para abastecimiento, el 20% para regadío y el 18% para Industria.

Grandes plantas desaladoras en España:

Nombre/Lugar	Capacidad (m ³ /día)	Año	Nombre/Lugar	Capacidad (m ³ /día)	Año
Carboneras	125.000	2.004	Cdad Regantes Mazarrón	30.000	1.997-2.000
Cartagena	65.000	2.004	Sureste Gran Canaria	28.000	1.995-2000
Alicante	65.000	2.003	Javea	26.000	2.002
Palma de Mallorca	63.000	1.998-2.001	Sta Cruz Tenerife	22.500	2.001
Las Palmas III	63.000	1.990-2.001	Tordera	22.000	2.001
Marbella	55.000	1.997	Adeje-Arona	20.000	1.998-2000
Almería	50.000	2.004	Lanzarote III	20.000	1.992-1996
Las Palmas-Telde	35.000	2.004	Inalsa IV	20.000	1.999

Asimismo, el volumen de negocio generado por la construcción y explotación de plantas desaladoras en el año 2004 se situó en 360 M€, un 9% más que en el 2003. España es un país puntero en el desarrollo de tecnologías de desalación y según datos del Ministerio de Medio Ambiente es el quinto con mayor número de desaladoras del mundo.

ASPECTOS AMBIENTALES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA DESALADORA

El aspecto más importante a dilucidar, en el caso de las desaladoras de nueva planta, es su emplazamiento y, ligado a él, su sistema de captación y vertido, ambos muy condicionados, no solo por sus aspectos técnicos y económicos, sino también, y muy especialmente en el Mediterráneo, por sus posibles afecciones medioambientales.

Y tal es el reto que se nos plantea y hemos asumido: el cumplimentar el espíritu de tales disposiciones legales, no como un mero acto administrativo, sino como respuesta a una demanda social en orden a la utilización armónica y equilibrada de los recursos naturales en general y de su entorno en particular.

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental trata de establecer los umbrales mínimos por debajo de los cuales las alteraciones al medio ambiente producidos por una acción resultarían o no admisibles, atendiendo tanto a las características de la acción de que se trate como a las condiciones ambientales -entendidas en sentido amplio- del área sobre la que se piensa actuar.

Y en este sentido, se ha de reseñar, que el impacto de una desaladora, no es en modo alguno más que un impacto residual de anteriores actuaciones antrópicas de mayor envergadura, como son la urbanización y ocupación extensiva de miles de hectáreas que carecen de recursos hídricos en cantidad y calidad suficientes para atender la demanda propia de ese proceso acelerado de edificación.

A la hora de proyectar una Desaladora, hemos de considerar las siguientes partes que la componen:

Punto de toma de agua bruta

El aspecto más importante a dilucidar, en el caso de las desaladoras de nueva planta, es su emplazamiento y, ligado a él, su sistema de captación y vertido, ambos muy condicionados, no solo por sus aspectos técnicos y económicos, sino también, y muy especialmente en el Mediterráneo, por sus posibles afecciones medioambientales.

El volumen de agua a producir, es el primer y mayor condicionante de la captación, y conlleva abandonar la idea de una captación mediante pozos o drenes, tras una amplia investigación de los acuíferos del área en su doble vertiente de garantía de captación de caudal necesario y ausencia de riesgos derivados de la extracción en el acuífero en cuanto a nulo riesgo de intrusión marina o descenso de niveles piezométricos en los pozos existentes en el entorno.

Se trata de encontrar en el entorno de la zona de ubicación de la desaladora el mejor lugar y los diseños alternativos para una toma abierta, para lo cual se han de analizar los siguientes aspectos:

- Perfil batimétrico y definición de distancias a las que se alcanzan profundidades superiores a 10 m.
- Identificación de los focos que pueden alterar la calidad del agua de mar desestimando lugares próximos a emisarios, aliviaderos de pluviales y redes de saneamiento, desembocaduras de cauces, etc.,

- Calidad y nivel de protección de los fondos marinos, en especial por la presencia de praderas de *Posidonia oceanica*.
- Información sobre el medio tectónico y, en particular, sobre la presencia de fauna gregaria o proliferación súbita de organismos (medusas, mareas de algas, etc.)

A partir de esta información se han de plantear los posibles lugares para la ubicación de la toma abierta de agua de mar.

Edificaciones:

La construcción de los edificios que albergan los elementos propios de desalación son naves industriales de escasa altura, unos 11 metros, que carecen de cualquier tipo de emisión a la atmósfera y en consecuencia no generan contaminación alguna al respecto, y que al edificarse aislados pueden absorber totalmente el ruido generado por los motores eléctricos asociados al proceso de ósmosis inversa, habitual en los diseños de las desaladoras de Acuamed, desde el punto de vista de su impacto visual y paisajístico, son fácilmente integrables en su entorno, tal y como se muestra en las fotografías que se adjuntan.



Desaladora de Adeje-Arona (Canarias)



Desaladora de Alicante

En lo que se refiere a la crítica de que las desaladoras producen un impacto estético y visual en las zonas en que se implantan, un viejo refrán español dice que una imagen vale más que mil palabras, a las fotografías de las desaladoras anteriormente reflejadas basta con añadir las imágenes de una desaladora y la de un hotel que se construye en el mismo término municipal.



No obstante, Acuamed, mediante concurso público ha contratado una consultoría y asistencia técnica para la definición, supervisión y seguimiento en la aplicación de los criterios de integración arquitectónica, ambiental y de utilización de energías renovables en las plantas desaladoras con el objeto de establecer los criterios básicos que han de servir para garantizar la integración arquitectónica y medioambiental de las actuaciones indicadas, de tal forma que la ciudadanía las perciba como un elemento integrador y vertebrador del territorio. Así mismo, se pretenden establecer criterios dotacionales de estas instalaciones, de tal forma que se mantengan unos estándares básicos de equipamiento y se realicen instalaciones racionales y económicamente viables mediante la sistematización de tipologías y soluciones constructivas y de diseño.

Conducciones

Es obvio que la componente básica de una obra pública es el servicio, está fuera de duda que la finalidad última es, o debería ser, la satisfacción de una necesidad social. De la misma manera, la construcción de obras públicas no debería ser necesariamente lesiva para el entorno en el que se inscribe.

La adopción de medidas correctoras adecuadas a la minimización de los impactos negativos sobre la flora, fauna, gea o paisaje, así como la racionalización de una red de infraestructuras, son compatibles con la satisfacción de las necesidades de transporte y servicios precisos, y pueden y deben garantizar unos niveles mínimos de calidad ambiental. No será fácil entender el sentido de una obra ni su articulación con el medio si no se estudia el paisaje en el que se inscribe.

Las obras públicas tienen una gran repercusión visual que, con independencia de los significados que se les atribuyen y de las reacciones que suscitan en los distintos observadores, es en gran parte debida a su mera presencia. Esta repercusión opera a una escala determinada y sus efectos sobre el paisaje dependen muy directamente de las condiciones visuales del territorio, como del grado de mimetismo y adaptación al medio con que se proyecten y ejecuten.

El deterioro que puede causar la ejecución de una obra sobre el paisaje va a depender de la calidad y fragilidad del mismo.

Entendiéndose por calidad el valor intrínseco de un paisaje desde el punto de vista visual y por fragilidad el riesgo al deterioro del mismo como consecuencia de la implantación de actividades humanas.

En lo que respecta a la hora de proyectar y diseñar el trazado de una obra civil de tipo lineal, se ha de estudiar y analizar, de entre las posibles alternativas, en primer lugar, aquellas que permitan la mayor permeabilidad territorial posible; y en segundo, las que sean más fáciles de restaurar y se adapten más y mejor a la morfología del terreno sobre el que se ha de desarrollar.

Inventariar, y reflejar en el análisis preliminar tanto los posibles elementos patrimoniales arquitectónicos, etnográficos y arqueológicos que hubiere en la zona, así como posibles puntos de interés geológico, paisajístico o ambiental, a los efectos de garantizar su conservación y preservación.

Considerar la afección que las obras auxiliares, caminos de obra, parques de maquinaria, acopios, etc..., puedan ejercer sobre el medio, por lo que se ha de prever asimismo su restauración e integración, una vez dejen de usarse al terminarse la ejecución de las obras de las que constituyeron elementos auxiliares.



Y en este sentido, se ha de reseñar, que el impacto de una desaladora, no es en modo alguno más que un impacto residual de anteriores actuaciones antrópicas de mayor

envergadura, como son la urbanización y ocupación extensiva de miles de hectáreas que carecen de recursos hídricos en cantidad y calidad suficientes para atender la demanda propia de ese proceso acelerado de edificación.

Y se critica a las desaladoras el impacto visual y de ocupación de suelo, cuando el mismo es centésimo en comparación con la superficie urbanizada a cuya demanda tiene que satisfacer.

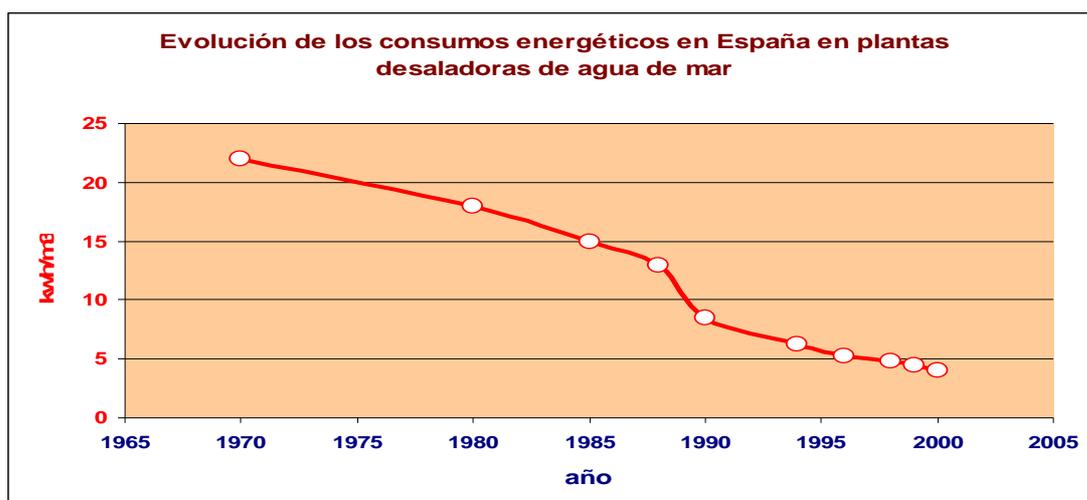
Y se critica el impacto ambiental de los tendidos eléctricos precisos para el funcionamiento de las desaladoras, dejando en el más profundo de los limbos el impacto de los tendidos eléctricos precisos para el transporte de la energía que requieren las miles de viviendas erigidas, y que como consecuencia de su existencia generan una demanda puntual e intensiva de agua.

Desaladoras y emisiones de CO₂

También se suele acusar a las desaladoras de un incremento desmesurado en las emisiones de anhídrido carbónico, ignorando el gigantesco salto que la tecnología de la desalación ha efectuado desde sus inicios en la década de los setenta hasta nuestros días. Presumiblemente basándose en que hasta mediados de los 80, los procesos de desalación más utilizados era el de “destilación instantánea multicapa”, que además de consumir del orden de unas veinte veces más energía de que las plantas actuales de ósmosis inversa, una parte muy importante de esa energía era en forma de calor.

Al respecto, cabe destacarse que las plantas desaladoras que se diseñan en la actualidad:

- No utilizan calor.
- Sólo consumen energía eléctrica
- Y en consecuencia: No desprenden CO₂



Agua de mar:

1990: Consumo de 8 kWh/m³
 2000: Consumo de 4 kWh/m³
 2005: Tendencia a consumo de 3 kWh/m³
 Para aguas salobres 1 a 1,5 kWh/m³

Se está investigando desde hace años, la manera de minimizar el problema del alto consumo de energía de las desaladoras. De hecho, existe ya una tecnología para crear energía basándose en la propia salmuera: un dispositivo llamado WEER (Intercambiador de Presión) y que podría traducirse al castellano con las siglas SIPRE (Sistemas intercambiadores de presión para la recuperación de energía), los cuales transfieren energía directamente de la salmuera al flujo de alimentación sin los problemas de rendimiento de los ejes giratorios de alta velocidad de las fábricas actuales. Ello supone un avance importante en la recuperación de energía existente en el rechazo ya que permiten disminuir en veinte puntos porcentuales el exceso de consumo de energía respecto al valor teórico con las membranas actuales, pasando del 54'2 % al 34'3 %.

Vertidos

Las fanerógamas marinas.

Las fanerógamas marinas son plantas de origen terrestre que posteriormente se han adaptado para colonizar fondos marinos. De sus orígenes terrestres conservan, típicamente, las características morfológicas de todas las fanerógamas terrestres, lo que las diferencia de una manera importante de las algas, originarias de medios acuáticos.

Las principales características que conservan de sus orígenes en tierra y que comparten con las fanerógamas terrestres son: la presencia de raíces y de un sistema vascular que las conecta con las hojas a través del tallo (que aquí se llama rizoma); la floración y reproducción por semillas incluidas en frutos se mantiene en algunas especies de fanerógamas marinas, aunque en otras se ha perdido o no se ha descrito ninguna observación. En el caso de *Posidonia oceánica* se trata de un fenómeno irregular y posiblemente vestigial.

Estas características y la composición de sus tejidos de sostén las diferencian netamente de las algas marinas y suponen unas ventajas ecológicas frente a éstas que les han permitido la colonización con éxito de zonas del fondo marino que están vetadas para la mayoría de las algas. Por otro lado, las fanerógamas marinas no se limitan a la colonización de los mencionados sustratos blandos sino que ocupan además aquellos propicios para el crecimiento algal. Estos fondos son, especialmente, los que están cubiertos por sedimentos sueltos (arenas y fangos) donde las algas, carentes de estructuras de sostén y de raíces, son arrastradas por las corrientes o el oleaje. Esta capacidad es muy importante para la colonización de grandes áreas marinas que, de otro modo, estarían desprovistas de vegetación.

Tanto la colonización de áreas desprovistas de algas, como el hecho de que sean plantas de ciclos de vida largos confieren una importancia ecológica capital a las praderas formadas por estas plantas. Por otra parte, la capacidad de almacenar nutrientes les permite soportar durante un tiempo las condiciones ambientales adversas.

No obstante la distribución de las fanerógamas marinas tiene unas limitaciones inherentes a su dependencia de la luz. Para su correcto desarrollo necesitan una cantidad de radiación fotosintéticamente activa. Esto limita la distribución de estas plantas debido a la atenuación de la luz que se produce cuando ésta atraviesa la columna de agua. El espesor de la columna iluminada y por tanto el rango de profundidades sobre el que se distribuyen las fanerógamas depende de la calidad de las aguas, es decir, de la

cantidad de materia en suspensión, sea de origen mineral (sedimentos) u orgánico (plancton, materia orgánica,...).

En el Mediterráneo existen en la actualidad cinco especies de fanerógamas marinas, una de las cuáles (*Halophila stipulacea*) es de origen lessepsiano, es decir, entró en el Mediterráneo por el canal de Suez, procedente del mar Rojo.

La más importante, por la superficie que ocupa, por su importancia ecológica, económica y pesquera y por su significación ambiental, es *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Es la que tiene una estructura más compleja, forma praderas de gran desarrollo y juega un papel crucial en la "ordenación" del espacio que ocupa. También puede modificar las características del ambiente en el que vive y de zonas aledañas

Es una fanerógama marina endémica del mar Mediterráneo, que se distribuye en los fondos fotófilos entre la superficie y, en función de la transparencia de las aguas, los 30-40 m de profundidad, formando auténticas praderas submarinas que son conocidas por los pescadores como "alguetes" o "algueros". La pradera de *P. oceanica* es una de las comunidades más representativas del Mediterráneo con una gran complejidad y alta diversidad de sus poblamientos, desempeñando un papel muy importante a nivel ecológico. Entre otras funciones: fijan los fondos contribuyendo a la protección de las costas, son productoras de grandes cantidades de oxígeno, fuente de nutrientes, soporte de epibiontes muy diversos, constituyen un refugio de larvas y alevines y lugar de desarrollo de distintas poblaciones de animales, muchas de ellas de interés comercial. Desde un punto de vista pesquero estas formaciones se consideran como áreas de desarrollo de larvas y de reclutamiento, aunque también de pesca de ejemplares adultos. La alteración de los perfiles litorales y obras costeras, el anclaje de embarcaciones y la pesca ilegal de arrastre son las principales causas de degradación de esta comunidad biológica.

Naturaleza de la mal denominada "salmuera"

El agua de rechazo de una desaladora (a la que se conoce como salmuera) no contiene residuos, como en el caso de otros procesos industriales. La salmuera contiene los mismos iones y componentes que se extrajeron del mar, salvo la pequeña proporción que atraviesa las membranas y se incorpora al agua dulce producida (en el orden de un 1% del contenido existente en el agua de mar de alimentación). Sin embargo, esos iones están concentrados en un volumen de aproximadamente el 50% del extraído del mar.

En el proceso de desalación se usan algunos aditivos para ayudar a la filtración o a la limpieza de las membranas que pueden estar presentes en el vertido de salmuera en cantidades prácticamente imposibles de detectar. Como es evidente, todos esos productos son potables (nos bebemos el agua producida con la que esos productos están en contacto) y, además, son los mismos productos que utilizamos en el tratamiento de aguas naturales superficiales o subterráneas.

Por tanto, la salmuera es agua de mar concentrada y no tiene efectos misteriosos sobre el medio ambiente marino, salvo, evidentemente, los que se deducen de su concentración en sales que es el doble de la del agua de mar (aproximadamente).

Pero además en el caso de las desaladoras, sus vertidos son conocidos y previsibles desde su diseño, es decir, sabemos milimétricamente, cuál va a ser el volumen de vertido y su exacta composición desde el primer momento del diseño, lo que nos hace mucho más fácil y asequible estudiar sus efectos, circunstancia que no se suele dar en otras infraestructuras.

Qué ocurre con la salmuera vertida al mar

Evidentemente, es imposible mantener por largo tiempo dos masas de agua con diferente contenido salino sin que las concentraciones se igualen. La salmuera introducida en el mar derivará iones hacia las aguas circundantes hasta conseguir igualar las concentraciones.

Si la alimentación de salmuera al mar es continua, como ocurre en una planta que esté en funcionamiento, se debe trabajar para conseguir la máxima dilución de la salmuera en el medio receptor en los primeros metros a partir del punto de vertido. Para ello, se optimiza el diseño del tramo difusor del emisario partiendo de las condicionantes ambientales del área de vertido (velocidades de corriente, salinidades medias, etc.) y de los resultados obtenidos de los modelos de dilución que se utilizan habitualmente. Estos modelos permiten jugar con un conjunto amplio de parámetros de diseño (velocidad de salida, caudales, número de difusores, ángulo de salida, etc.), de manera que se obtiene la solución más óptima, que garantice que la salmuera vertida alcanzará rápidamente una concentración similar a la del medio receptor. En el momento en el cual la curva de dilución ha efectuado su máximo recorrido la pluma salina cae al fondo con una salinidad determinada (pero muy próxima a la del entorno) evolucionando en función de las condiciones topográficas y del estado del mar. Es en este punto en donde se deben realizar los controles que garanticen el cumplimiento de los valores umbrales establecidos para la protección de las praderas de fanerógamas marinas.

Como el mayor contenido de sales supone una mayor densidad, el fenómeno de la dilución actúa en tres dimensiones, pues la salmuera vertida tendrá tendencia a irse al fondo en el agua de mar a la que se vierte. Las mediciones necesarias para controlar un vertido han de hacerse, por consiguiente, en tres dimensiones, obteniéndose unas superficies curvas de isosalinidad que abarcan desde la superficie del mar hasta el fondo.

Efectos negativos de la salmuera

El efecto de conjunto del vertido de salmuera sobre el mar es naturalmente nulo. La masa marina recibe unos iones que se le han extraído antes, por lo que no existe un efecto apreciable. El agua de mar que se extrae, vuelve en su gran mayoría al mar como agua dulce residual, después de su utilización) o como agua atmosférica en la proporción que el agua dulce producida se evapora durante su recorrido terrestre. Este comentario, que puede parecer obvio, se refiere a los confusos peligros que en determinados ámbitos parecen ver en casi cualquier tipo de uso de los recursos naturales.

Sobre la vida marina, sin embargo, hay un efecto localizado obvio: en los entornos cercanos al vertido de salmuera la salinidad es mayor que la normal del mar, según un gradiente que va desde el propio punto de vertido hasta un horizonte situado a cierta

distancia en el que la dilución puede considerarse completa a efectos prácticos y se encontrarán condiciones de agua de mar normal.

Conocemos este efecto nocivo de la salmuera sobre las plantas marinas habituales en nuestras costas y nuestros diseños tienen que dirigirse a evitar daños a las praderas de Posidonia y de otras fanerógamas.

Efectos de la salmuera sobre los humanos

No hay ningún efecto nocivo reconocido de la salmuera por contacto con el cuerpo humano. En realidad, se atribuyen efectos beneficiosos al baño en ambientes marinos de alta salinidad (Mar Muerto, por ejemplo) y hay centros de talasoterapia instalados precisamente en ámbitos de esta naturaleza.

Esquemas de vertido recomendables

Por lo que venimos señalando, la estrategia de vertido debe ser la siguiente:

- I. Favorecer medidas de dilución rápida de la salmuera.
- II. Elegir emplazamientos alejados prudentemente de las praderas de Posidonia y otras fanerógamas.

Las tareas a efectuar, para las que se facilitan detalles metodológicos en el apartado siguiente, son:

- a) Estimación de la zona potencial de influencia a través de modelos hidrodinámicos sencillos.
- b) Elaboración de cartografía bionómica y estimación de cobertura y desarrollo de la vegetación acuática sumergida, con especial énfasis en las praderas de fanerógamas marinas, diferenciando los diferentes tipos de praderas. Al mismo tiempo, se obtendrá información batimétrica y de la naturaleza de los fondos y se estimará el riesgo de aparición de especies protegidas en las unidades clasificadas, basándose en estudios y reconocimientos previos y en la opinión de expertos.
- c) Selección de emplazamientos que garanticen la mínima afección a elementos ambientales críticos o muy condicionantes. En la decisión sobre el emplazamiento se deberían estudiar las ventajas de asociar o no el vertido de la desaladora a otros sistemas, como puede ser el de refrigeración de una estación de generación de energía o el vertido de un sistema de depuración.
- d) Simulación hidrodinámica tridimensional del comportamiento del vertido en el medio receptor, mediante modelos que permitan la inferencia estadística de líneas de iso-concentración en series temporales largas. Se debe simular al menos el exceso de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y contaminantes conservativos, para las diferentes opciones de configuración

de los emisarios (número y tipo de difusores, etc), partiendo de los trabajos realizados por el CEDEX sobre esta cuestión.

- e) A partir de los resultados de los apartados anteriores, se determinarán los ámbitos y distancias de protección para las comunidades y especies sensibles.
- f) Decisión del emplazamiento definitivo de tomas y vertido, a partir de consideraciones técnicas y ambientales.
- g) Caracterización de las unidades bionómicas en el área de influencia, que proporcionen información sobre su estado ecológico preoperacional y permitan realizar adecuadamente las distintas tareas que implica la EIA (estimación y evaluación de impactos, planteamiento de actuaciones correctoras y diseño de programas de seguimiento y vigilancia ambiental). Esto implica la ejecución de muestreos directos de las comunidades bentónicas, estratificados en función de la distribución de dichas comunidades y del grado de afección previsto. Dentro de cada unidad de muestreo se realizará una replicación al azar (3 o 4 réplicas) para las determinaciones biocenóticas.
- h) Establecimiento de bioindicadores y rangos de valores de referencia relativa* para el seguimiento ambiental del proyecto, que proporcionen información sobre su estado ecológico preoperacional y permitan realizar adecuadamente las distintas tareas que implica la EIA (estimación y evaluación de impactos, planteamiento de actuaciones correctoras y diseño de programas de seguimiento y vigilancia ambiental).

METODOLOGIA

Los planteamientos metodológicos a desarrollar, dirigidos a optimizar el rendimiento de la información obtenida, serían por tanto:

Cartografiado y caracterización general de unidades bionómicas

Esta labor se realizará en un ámbito suficiente, cuya extensión se puede aproximar tentativamente mediante la estimación con métodos simples de alcances máximos en situaciones oceanográficas frecuentes en la zona, pero siempre incrementando con un margen de al menos el 20% la distancia del contorno al punto previsto de vertido. En todo caso, debe cubrir totalmente las unidades ambientales relevantes -especialmente las praderas de fanerógamas marinas- que penetren en ese perímetro, llegando hasta aguas muy someras (0,5-2 m) si fuera necesario. Esta extensión se modificará en función de la movilidad del emplazamiento, es decir, procurando que cubra con el citado margen y criterio toda la zona en la que se podría plantear el emplazamiento del vertido.

Esta prospección se realizará combinando técnicas hidroacústicas con verificaciones directas, que pueden ser, según las necesidades de discriminación, videográficas (con impresión de coordenadas en tiempo real) o fotográficas por inmersión con escafandra autónoma. Se utilizará Sonar de Barrido Lateral con un solapamiento mínimo del 20% y una resolución espacial mínima de 20 cm. La frecuencia de trabajo dependerá de las unidades a cartografiar.

Para el procesado de los datos de sonar, se utilizarán técnicas de clasificación de sonogramas que permitan una comparabilidad entre diferentes trabajos y para contrastes en seguimientos futuros, de forma que se minimice la arbitrariedad, por lo que se recomienda el uso de técnicas multivariantes de clasificación de imágenes.

Las unidades que se deben clasificar incluyen al menos las siguientes:

- I. Praderas de Posidonia oceánica, y dentro de ellas varias tipologías de cobertura, desarrollo y colonización.
- II. Mata muerta de Posidonia oceánica.
- III. Otros prados, en particular de Cymodocea nodosa y de Zostera sp.
- IV. Fondos sedimentarios sin cubierta biológica, con distinción hasta donde sea posible de las grandes unidades sedimentarias.
- V. Fondos o afloramientos rocosos, distinguiendo al menos las comunidades de coralígeno, comunidades de algas fotófilas de interés (Cystoseira, etc.).
- VI. Fondos de maërl o de rodolitos.
- VII. Otras comunidades o facies que potencialmente alberguen especies protegidas, como las comunidades esciáfilas de los fondos rocosos del infralitoral superior.

Este trabajo, que se debe acometer por equipos técnicos entrenados en la clasificación mediante sonogramas de este tipo de comunidades, se completará con una prospección con ecosonda científica digital que ofrecerá información batimétrica general, previa corrección con marea y oleaje, y además propiedades intensivas de las formaciones delimitadas -que también ayudará a la clasificación de las imágenes de sonar- mediante algoritmos contrastados de clasificación de fondos y estimación de altura y cobertura de la Vegetación Acuática Sumergida.

Todas las mediciones se realizarán con registro simultáneo de coordenadas mediante el uso de GPS con precisión submétrica.

La información cartográfica y alfanumérica generada se integrará en un sistema de información geográfica (ArcView format, shape, o ArcInfo), con la topología construida y la tolerancia verificada a 0.01 m.

Modelado del sistema y delimitación de zona de influencia

Una vez establecido el emplazamiento y a partir de la descripción técnica del proyecto de desaladora, se requiere generar diferentes escenarios que alimentarán el proceso de valoración de impactos. Los objetivos de esta fase se resumen en:

- a) Cuantificar el impacto potencial de la desaladora en el medio marino local, en relación a la hidrodinámica costera, oleaje, morfología costera, calidad del agua y estado ecológico.
- b) Optimizar el diseño y configuración de tomas y retornos de agua.
- c) Obtener especificaciones de diseño para las estructuras de toma y vertido de aguas.

Para ello se debe configurar un modelo hidrodinámico, de transporte multidimensional y de calidad de las aguas, que calcule procesos de flujo y transporte no estacionarios forzados por la marea y condiciones meteorológicas. Esto implica la obtención de datos hidrográficos e hidrodinámicos preexistentes en series temporales largas.

Como resultado de la simulación de diferentes escenarios de funcionamiento del sistema desaladora/entorno, incluyendo los extremos, se valorarán los efectos potenciales sobre las comunidades biológicas del medio receptor, así como la extensión de unidades ambientales afectada por el vertido.

Caracterización de las unidades ambientales

Una vez conocida la distribución de las diferentes unidades ambientales y delimitada la zona de influencia del vertido, se deberá realizar una caracterización de las propiedades intensivas de esas unidades con el fin de establecer su estado previo y el sistema de indicadores para el seguimiento futuro.

Esto implica un diseño muestral estratificado o sistemático, según los casos, con suficiente número de unidades y réplicas muestrales obtenidas al azar. Los resultados deberán proporcionar matrices de abundancia y biomasa de especies (siempre que sea posible) de las comunidades bentónicas infaunales en sustrato blando y de invertebrados y macroalgas en sustrato duro. Si bien no se considera preceptivo, se recomienda vivamente (dado que es un bioindicador incluido en la Directiva Marco del Agua) la realización de censos piscícolas mediante técnicas combinadas de hidroacústica y observación directa.

Las pautas a seguir son las siguientes:

a) Sustrato rocoso

- Se muestreará con métodos directos, mediante el raspado de un área prefijada de 2500 cm² en al menos dos réplicas por punto.

- En todos los casos se realizará un registro fotográfico de la superficie a muestrear antes y después del muestreo.

b) Sustrato blando

- Se tomarán al menos 3 réplicas por punto mediante draga de diseño adecuado al tipo de sustrato. Se retendrán los organismos que no pasen a través de una malla de 1 mm de luz.
- Se realizará una identificación a nivel específico, siempre y cuando el material biológico lo permita. Las especies inventariadas se codificarán de acuerdo con los listados internacionales y procedimientos recomendados por el ICES (Internacional Council for the Exploration of the Sea).
- Se tomará otra muestra para el control del ambiente sedimentario, sobre la que se realizarán ensayos granulométricos utilizando la serie estándar de Wentworth. Se obtendrán las siguientes variables:
 - Media gráfica granulométrica
 - Desviación cuartil inclusiva o coeficiente de selección
 - Sesgo gráfico inclusivo
 - Curtosis gráfica
 - Potencial redox mediante electrometría in situ
 - Contenido en materia orgánica, prescindiendo del método de calcinación que puede introducir sesgos significativos.

c) Praderas de fanerógamas marinas

- Se realizará un muestreo directo mediante inmersión en cuadrícula de 2500 cm².
- En las muestras obtenidas, se estimarán las siguientes variables, sobre las que se evaluará la intensidad de muestreo óptima según la superficie del estrato muestreado:
 - Media gráfica de la distribución granulométrica
 - Contenido en materia orgánica del sedimento
 - Especies y abundancia de taxones de macroinvertebrados en la muestra.
 - Identificación y biomasa en peso fresco y seco de las especies de fanerógamas y macroalgas en la muestra. Además la densidad y altura máxima de las fanerógamas.

d) Procesado de información biocenótica

- En cada muestra, además de la evaluación de la abundancia de cada especie que componen el inventario correspondiente, se calculará el valor de la riqueza específica (S), como número de las especies presentes, el índice de Margalef ($d=(S-1)/\log N$) y la diversidad biológica (H) según el índice de Shannon-Wiener (1963) en bits de información por individuo, así como la diversidad máxima teórica ($H_{\max} = \log_2 S$) y la equidad ($E = H/H_{\max}$).
- Además se evaluará la estructura y composición de las comunidades mediante la aplicación de técnicas de análisis estadístico multivariante (CLUSTER Y MDS), lo cual servirá de referencia para el seguimiento futuro.

JUAN J. MARTINEZ DE LA VALLINA
Director Medio Ambiente AcuaMed