

CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ROM 5.1 “CALIDAD DE AGUAS LITORALES EN ÁREAS PORTUARIAS” MEDIANTE SU APLICACIÓN A LOS PUERTOS DE GIJÓN, HUELVA Y TARRAGONA

A.G. Gómez¹, M.L. Sámano, B. Ondiviela, J.A. Juanes, J.A. Revilla

1. Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. Avda. Los Castros s/n Santander, Cantabria. aina.gomez@unican.es

INTRODUCCIÓN

En el año 2000 se aprueba la Directiva Marco del Agua (en adelante, DMA) con el objetivo de establecer un marco para la protección de las aguas que prevenga su deterioro y promueva su uso sostenible (Comisión Europea, 2000). De acuerdo con la magnitud y la intensidad de las actividades portuarias, aquellas masas de agua próximas pueden estar en riesgo de incumplir los objetivos de la calidad establecidos en la DMA (Revilla et al., 2001).

Conscientes del efecto que su actividad tiene sobre su entorno próximo y, concretamente, sobre la calidad de los sistemas acuáticos, los puertos llevan años trabajando en el desarrollo e implementación de estrategias que, de una forma sostenible, les permitan compatibilizar el mantenimiento de la calidad de los sistemas acuáticos con su actividad (Wooldridge et al., 1999; Ondiviela, 2006). A este respecto, dentro del Programa de Recomendaciones de Obras Marítimas (ROM), se publica una recomendación que integra la calidad de las aguas en el modelo de gestión portuario, denominada ROM 5.1 “Calidad de aguas litorales en áreas portuarias” (Revilla et al., 2005; Ondiviela et al., 2007a; Ondiviela et al., 2007b; Revilla et al., 2007). Esta Recomendación es redactada por Puertos del Estado con la participación del Grupo de Emisarios Submarinos e Hidráulica Ambiental (GESHA) del Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) y un grupo multidisciplinar representado por diversos organismos públicos y privados. Dicha Recomendación recoge el espíritu y los principios establecidos en la DMA teniendo en cuenta los aspectos y actividades portuarios (Ondiviela et al., 2006).

Tanto es así que, en el año 2008 se publica la Instrucción de Planificación Hidrológica por la cual se establecen los criterios técnicos para la homogeneización y sistematización de los trabajos de elaboración de los planes hidrológicos de cuenca

(Orden ARM/2656/2008). En dicha Instrucción han sido introducidos diferentes descriptores, indicadores y criterios desarrollados en la ROM 5.1 para aquellas masas de agua muy modificadas por la presencia de puertos.

Tras la publicación de la ROM5 5.1, Puertos del Estado encarga al IH Cantabria la calibración y validación del procedimiento metodológico desarrollado mediante su aplicación piloto en los Puertos de Gijón, Huelva y Tarragona. Dicho procedimiento se conforma de cuatro programas: i) delimitación y tipificación de las masas de agua; ii) evaluación y gestión de riesgos ambientales; iii) vigilancia ambiental, y; iv) gestión de episodios contaminantes. Estos programas han sido calibrados y validados de forma independiente (Figura 1).

El programa de delimitación y tipificación de las masas de agua constituye el instrumento básico de ordenación del medio acuático portuario, en tanto que permite reconocer unidades de gestión y clasificar las masas de agua en tipos específicos. Durante el proceso de calibración y validación se han llevado a cabo los estudios necesarios para establecer un procedimiento metodológico para el cálculo del tiempo de renovación, así como para la asignación de un criterio de valoración acorde a las características de las masas de agua portuarias. El tiempo de renovación junto con el tipo de sustrato son los descriptores físicos utilizados para reconocer los diferentes tipos de masas de agua muy modificadas (Gómez et al., 2007a).

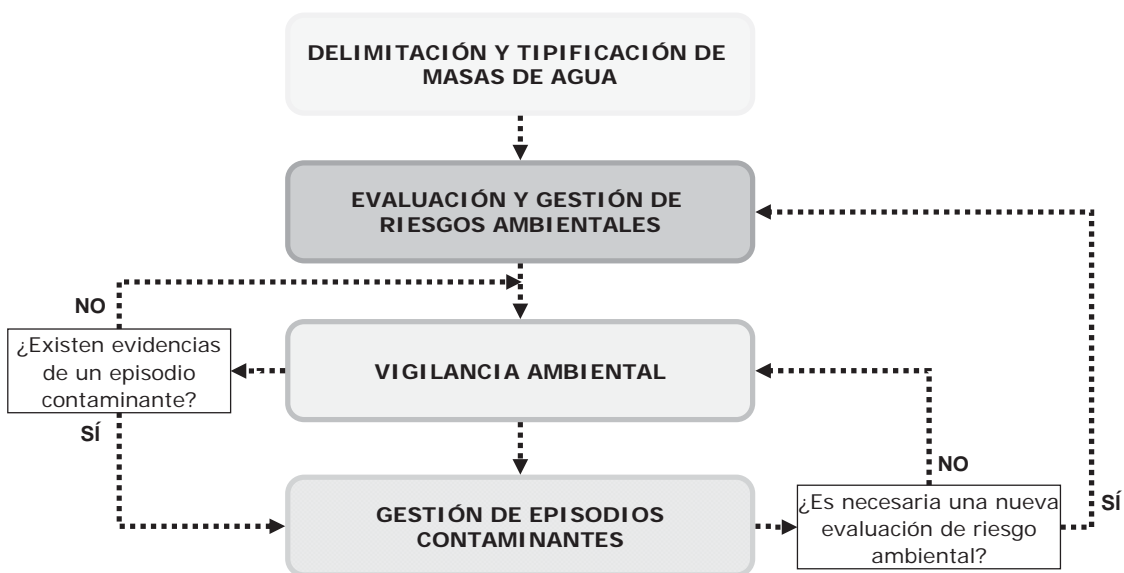


Figura 1. Modelo conceptual de la ROM 5.1.

El programa de evaluación y gestión de riesgos ambientales tiene por objeto evaluar la incidencia que tienen las emisiones contaminantes sobre las aguas litorales de la zona

portuaria (Norma UNE 150008, 2000). Con el fin de alcanzar este objetivo, el riesgo asociado a cada emisión es estimado con base en la probabilidad de ocurrencia, las posibles consecuencias que tendría en caso de materializarse y la vulnerabilidad de las aguas afectadas por la emisión contaminante (Revilla et al., 2006). Asimismo, la magnitud o tolerabilidad del riesgo determina el tipo de medidas preventivas y correctoras necesarias para minimizarlo. En términos generales, el proceso de calibración se ha centrado en el establecimiento de condiciones hidrodinámicas, tiempo de simulación, modelos numéricos y criterios de valoración, para la estimación de la superficie afectada por una emisión contaminante.

El programa de vigilancia ambiental es la herramienta que permite conocer el estado y evolución de la calidad de las masas de agua del entorno portuario. Para ello, en la ROM 5.1 se han establecido indicadores, índices y sistemas de valoración teniendo en cuenta las peculiaridades de los entornos acuáticos portuarios. La aplicación de este programa pone en evidencia las deficiencias del programa de evaluación y gestión de los riesgos ambientales y, si fuera necesario, activa el programa de gestión de episodios contaminantes. La calibración y validación del programa de vigilancia ambiental se ha centrado en la calibración de los sistemas de valoración (índices, métricas, indicadores).

Finalmente, el programa de gestión de episodios contaminantes es el procedimiento conducente a paliar los déficits de calidad detectados en las masas de agua por el programa de vigilancia ambiental (Bravo et al., 2008). Este programa trata de reducir los efectos adversos de los episodios contaminantes mediante la aplicación de medidas correctoras. La calibración de dicho programa ha permitido desarrollar un procedimiento metodológico con planes concretos centrados en la inspección visual, la actuación frente episodios mediante la aplicación de medidas correctoras y el conocimiento de la recuperabilidad del medio a partir del diseño de campañas específicas según el tipo de episodio contaminante acontecido.

En los apartados siguientes se concretan los objetivos, describen las zonas de estudio, detallan los resultados más relevantes del proceso de validación y calibración y, se presentan las conclusiones finales de dicho proceso.

OBJETIVOS

El objetivo general del presente artículo es presentar los resultados del proceso de calibración y validación de la ROM 5.1, cuyos objetivos específicos se recogen a continuación:

- Validar el tiempo de renovación como descriptor físico para la tipificación de masas de agua modificadas.
- Validar la formulación desarrollada para la estimación del riesgo ambiental de las emisiones contaminantes.
- Validar la capacidad del sistema de valoración del estado/potencial ecológico para reconocer diferentes niveles de perturbación.
- Validar el procedimiento metodológico para la gestión de episodios contaminantes.
- Diseñar una herramienta para la gestión de la información generada en el proceso de aplicación de la ROM 5.1.

ZONAS DE ESTUDIO

Para los estudios de calibración y validación se seleccionaron como puertos piloto las zonas de servicio portuarias de los puertos de: i) Gijón, localizado en el Norte del litoral español (Mar Cantábrico); ii) Huelva, situado en el Suroeste de la costa española (Océano Atlántico), y; iii) Tarragona, en el Noreste del litoral español (Mar Mediterráneo) (Figura 2).

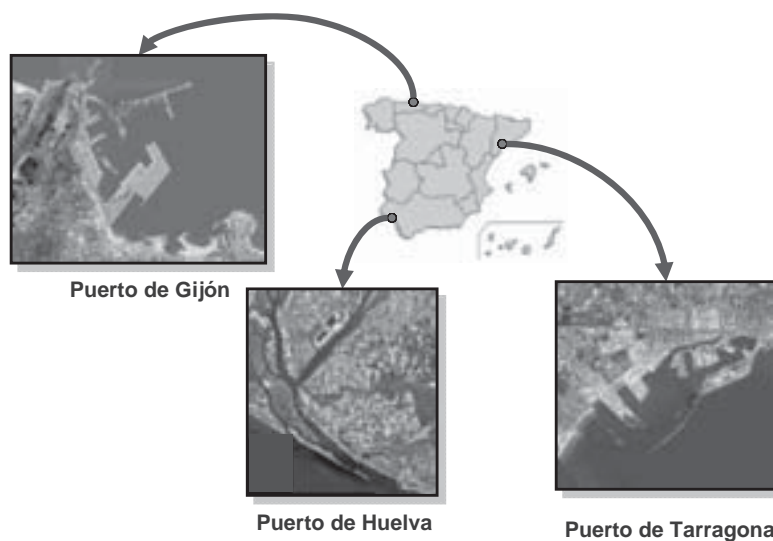


Figura 2. Localización de los puertos piloto.

ESTUDIOS

Programa de delimitación y tipificación de masas de agua

En primer lugar, cabe resaltar que, la escala de análisis aplicada en la DMA y en la ROM 5.1 difieren considerablemente y, por tanto, la delimitación de las “masas de agua” de ambos instrumentos de gestión pudiera no coincidir. Por este motivo, en el proceso de calibración se consideró oportuno el cambio de terminología, denominándolas “unidades de gestión acuáticas portuarias” (en adelante, UGAP) en lugar de “masas de agua”.

El tiempo de renovación se define como el tiempo medio que tarda el volumen de agua de una masa de agua en renovarse. En este programa los estudios de calibración se centraron en establecer un procedimiento metodológico para su cálculo mediante el uso de modelos numéricos (Gómez et al., 2006; Sámano, 2007). Partiendo de la consideración de diferentes condiciones hidrodinámicas se observó que el cálculo del tiempo de renovación podía llevarse a cabo mediante el uso de una onda media de marea iniciando la simulación en pleamar, un régimen medio anual del viento y un caudal medio de las aportaciones fluviales. Además, se estableció como criterio de valoración 7 días, considerando que una UGAP modificada tiene una tasa de renovación baja cuando el tiempo de renovación es superior a 7 días y aceptable en caso contrario.

Programa de evaluación y gestión de los riesgos ambientales

En este programa el trabajo se centró en el cálculo de los tres factores de la fórmula para la estimación del riesgo: probabilidad, vulnerabilidad y consecuencias (Gómez, et al., 2007b). En este sentido, el mayor esfuerzo se realizó en el cálculo del área afectada por la emisión contaminante que permite valorar la susceptibilidad del medio y el grado de extensión de la emisión contaminante. Cabe mencionar que, si bien en la ROM 5.1 se establecían indicadores, criterios y herramientas metodológicas aplicables a tal efecto para tres tipos de procesos: contaminación bacteriológica, eutrofización y contaminación química. Tras el proceso de calibración éstos fueron mejorados o modificados a fin de obtener una mayor precisión y resultados más acordes con la realidad física.

Por tal motivo, a partir de los resultados obtenidos durante este proceso se llevaron a cabo ajustes necesarios con el fin de no sobreestimar el valor del riesgo ambiental. Por ello, para el caso de la contaminación bacteriológica se consideró un criterio de valoración más permisivo correspondiente a zonas litorales sin un uso específico. En el caso de la contaminación química, se establecieron como indicadores las sustancias prioritarias según la DMA y el uso de un modelo bidimensional que considerara que dichas sustancias no son conservativas sino que experimentan procesos de degradación.

Programa de vigilancia ambiental

Durante el proceso de calibración y validación los estudios se centraron en los sistemas de valoración desarrollados para establecer el estado/potencial ecológico de las UGAP. En la ROM 5.1 se propone la valoración por separado de cada uno de los medios, pelágico y bentónico, mediante índices en los que se ponderan los valores medios anuales obtenidos para variables físicas y químicas (Juanes et al., 2001).

Partiendo de esta base y a través del análisis de los datos recogidos durante las campañas llevadas a cabo en Gijón y Tarragona, se estudió la sensibilidad de dichos índices con el fin observar su capacidad para discriminar zonas con diferente nivel de perturbación. En el caso del índice de calidad de la columna de agua, la valoración plurianual del índice y del Valor Crítico (propuesto por la Instrucción de Planificación Hidrológica para la Demarcación del Cantábrico) obtuvieron resultados coincidentes. No obstante, el método del Valor Crítico tuvo una mayor sensibilidad para discriminar las variaciones de calidad anuales de las UGAP y de las estaciones de muestreo.

Por otro lado, el índice de calidad del sedimento, discriminó satisfactoriamente entre distintos grados de alteración y fue coherente y coincidente con los patrones detectados por otros métodos de análisis, como lo son los bióticos.

Programa de gestión de episodios contaminantes

Respecto al programa de episodios contaminantes, en la ROM 5.1 se establece una metodología poco detallada considerando que las Autoridades Portuarias poseían herramientas concretas para hacer frente a las diferentes incidencias. Uno de los resultados de la calibración fue la evidencia de que los puertos tienen una necesidad real de herramientas concretas para gestionar de una forma más ágil y sencilla los episodios contaminantes.

En el artículo “Desarrollo de un procedimiento metodológico para la gestión de episodios contaminantes en aguas portuarias: Aplicación al Puerto de Tarragona” publicado en este mismo libro se encuentran los detalles y pormenores de la calibración y validación del programa de gestión de episodios contaminantes.

Gestión de la información

Finalmente, tras la aplicación de la ROM 5.1 en los diferentes puertos se observó que el volumen y diversidad de la información generada precisaba del diseño de un Sistema Gestor de Información Ambiental Portuaria, el cual permitiera la introducción de datos, la gestión de consultas y la generación de gráficos y mapas dinámicos (Sámano et al., 2007; Fernandez et al., 2009). Este Sistema ha sido implementado en la Autoridad Portuaria del Puerto de Gijón y otros Puertos han mostrado su interés para su futura instalación.

CONCLUSIONES

Fruto de los resultados obtenidos en el proceso de calibración y validación se observaron puntos de interés en los que se precisó llevar a cabo estudios concretos a partir de los cuales se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El tiempo de renovación se confirma como un buen descriptor físico para la tipificación de las UGAP modificadas.
- El desarrollo y validación del procedimiento metodológico para el cálculo del área afectada permite la obtención de estimaciones del riesgo ambiental más precisas.
- El estudio de los indicadores y los sistemas de valoración conlleva la necesidad de discutir los resultados en el seno del grupo de trabajo (Puertos del Estado, Autoridades Portuarias, IH Cantabria) considerando las propuestas establecidas en la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- El desarrollo de herramientas y procedimientos metodológicos detallados y concretos permite una mejora considerable en la gestión de los episodios contaminantes.
- El diseño del Sistema Gestor de Información Ambiental Portuaria facilita la gestión de los datos generados durante la aplicación de la ROM 5.1.

Las nuevas propuestas al procedimiento metodológico establecido en la ROM 5.1 dan respuesta a aspectos concretos y específicos, con el fin de mejorar dicho

procedimiento. Sin embargo, cabe resaltar que la ROM 5.1 en su conjunto es una herramienta única, estandarizada y coherente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la implicación de Puertos del Estado y de las Autoridades Portuarias de Gijón, Huelva y Tarragona en el proyecto de validación y calibración de la ROM 5.1. "Calidad de aguas litorales en áreas portuarias". Parte del presente proyecto ha sido financiado por el Plan Nacional de I+D+I (2004-2007) del Ministerio de Educación y Ciencia, CTM2005-00659.

REFERENCIAS

Bravo, E., Sánchez, F., Basora, J., Carreño, M., Peco, A., Gómez, A. G., Sámano, M. L., Juanes, J. A., Revilla, J. A., & Ondiviela, B. (2008). A methodological approach to manage contaminant events in seaport water bodies: application to the port of Tarragona. Mediterranean Days, Palermo.

Comisión Europea. (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

Fernandez, F., Pedraz, L., Velarde, V., Sámano, M. L., Gómez, A. G., & Juanes, J. A. (2009). Sistema Gestor de Información Ambiental Portuaria ROM 5.1. X Jornadas Españolas de Costas y Puerto. Santander.

Gómez, A. G. (en fase de desarrollo). Desarrollo de un procedimiento metodológico para la estimación del riesgo ambiental en zonas litorales frente a emisiones contaminantes. Santander. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.

Gómez, A. G., García, A., Revilla, J. A., Ondiviela, B., Carranza, I., Guinda, X., & Juanes, J. A. (2006). Aproximación metodológica para el cálculo del tiempo de renovación en áreas portuarias. EROM 5.1. Universidad Politécnica de Valencia- Puertos del Estado.

Gómez, A. G., Ondiviela, B., Juanes J.A., Sámano M., & Revilla J.A. (2007a). Tiempo de renovación: Descriptor físico para la tipificación de masas de agua modificadas en áreas portuarias. IX Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos. San Sebastián

Gómez, A. G., Ondiviela, B., Juanes, J. A., Revilla, J. A., García, A., Vargas, A., Álvarez, C., & Puente, A. (2007b). A risk assessment approach to contaminant emissions in seaport areas: methodological procedure to calculate susceptibility. Forth

International Conference on Port Development and Coastal Environment. Varna, Bulgaria.

Juanes, J. A., López, M., & Revilla, J. A. (2001). Establecimiento de un sistema de índices de calidad aplicables a la valoración estandarizada del estado de conservación de los espacios litorales de Cantabria. Santander: Fundación Marcelino Botín.

Norma UNE 150008. (2000). Análisis y evaluación del riesgo medioambiental: AENOR.

Ondiviela, B. (2006). Desarrollo de un modelo integral de gestión de la calidad de los sistemas acuáticos portuarios. Santander. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.

Ondiviela, B., G. Gómez, A., Revilla, J. A., Juanes, J. A., Álvarez, C., Puente, A., & García, A. (2007a). A tool for the management of seaport water bodies quality. "ROM 5.1. Quality of coastal waters in port areas". Forth International Conference on Port Development and Coastal Environment. Varna, Bulgaria.

Ondiviela, B., Gómez, A. G., Juanes, J. A., Sámano, M., & Revilla, J. A. (2007b). Desarrollo de un nuevo instrumento para la gestión de la calidad de los sistemas acuáticos portuarios. ROM 5.1 calidad de las aguas litorales en áreas portuarias. IX Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos. San Sebastián.

Ondiviela, B., Gómez, A. G., Revilla, J. A., & Juanes, J. A. (2006). ROM 5.1. Calidad de las aguas litorales en áreas portuarias. III Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente: Agua, Biodiversidad e Ingeniería. Zaragoza.

Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.

Revilla, J. A., García, A. G., García, A., Ondiviela, B., & Juanes, J. A. (2006). A risk assessment approach to contaminant emissions in seaport areas using mathematical models. International Conference on Mathematical and Statistical Modeling. Ciudad Real.

Revilla, J. A., Juanes, J. A., Ondiviela, B., Gómez, A. G., García, A., Puente, A., Carranza, I., Guinda, X., Rojo, J., & López, M. (2005). Recomendaciones para obras marítimas. ROM 5.1-05. Calidad de las Aguas Litorales en Áreas Portuarias. Puertos del Estado. Madrid.

Revilla, J. A., Juanes, J. A., Ondiviela, B., Gómez, A. G., García, A., Puente, A., Carranza, I., Guinda, X., Rojo, J., & López, M. (2007). Recommendations for maritime works. ROM 5.1-05. Quality of coastal waters in port areas. Spanish National Port Administration. Madrid.

Revilla, J. A., Juanes, J. A., Puente, A., & Medina, R. (2001). La protección de las aguas litorales en el contexto de la Directiva Marco del agua. Jornadas sobre la Directiva Marco del Agua y sus implicaciones para la gestión del agua en España. Sevilla.

Sámano, M. (2007). Calibración de la metodología propuesta por la ROM 5.1 para la valoración del tiempo de renovación de masas de agua portuarias. Santander. Trabajo de investigación. Universidad de Cantabria.

Sámano, M. L., Gómez, A. G., Ondiviela, B., Fernández, F., Mayor, R., Revilla, J. A., Juanes, J. A., & Álvarez, C. (2007). Environmental management of seaport water bodies using geographic information systems. 8th International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Zone Management. Santander.

Wooldridge, F. C., McMullen, C., & Howe, V. (1999). Environmental management of ports and harbours- Implementation of policy through scientific monitoring. *Marine Policy*, 23 (4-5), 413-425.