El apoyo técnico del CEDEX al Gobierno de El Salvador en materia de planificación hidrológica y recursos hídricos CEDEX's Technical Support to the Government of El Salvador on Hydrological Planning and Water Resources

Antonio Jiménez Álvarez1*

Palabras clave

El Salvador; planificación hidrológica; caudales ecológicos; cánones por uso y vertido del agua; depuración de aguas residuales;

Resumen

En mayo de 2013 se firmó el "Convenio de Cooperación Técnica para la Asistencia Técnica y Seguimiento a la Elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico, en Materia de Protección y Manejo de los Recursos Hídricos" entre el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de El Salvador y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Fomento de España. Las actividades de este Convenio, desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX en colaboración con el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas, se extendieron hasta final del año 2015. Este Convenio, financiado por el Fondo de Cooperación de Agua y Saneamiento de España (FCAS) de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), nació inicialmente con el propósito de asesorar al Gobierno de El Salvador en el desarrollo de un plan hidrológico nacional, pero finalmente se extendió a otros temas relacionados con la planificación hidrológica y los recursos hídricos que cubriesen otras necesidades y contribuyesen al fortalecimiento de la gestión y la administración del agua en El Salvador. Finalmente, la cooperación técnica se centró en los cinco puntos siguientes: seguimiento de los trabajos para la elaboración del plan hidrológico nacional de El Salvador, elaboración de una metodología para el cálculo de los caudales ecológicos, elaboración de una metodología para la determinación de los cánones por vertido y uso del agua, capacitación y transferencia de tecnología sobre planificación y gestión de recursos hídricos y elaboración de recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas. En este artículo se expone el contenido y desarrollo de los diferentes trabajos realizados por el CEDEX, así como los distintos resultados obtenidos.

Keywords

El Salvador; hydrological planning; ecological flows; fees for water use and disposal; wastewater treatment;

Abstract

In May 2013 it was signed the "Agreement on Technical Cooperation for Technical Assistance and Surveillance to the Development of the National Plan of Integrated Water Resources Management, in the Field of Protection and Management of Water Resources" between the Ministry of Environment and Natural Resources (MARN) of El Salvador and the Centre for Studies and Experimentation of Public Works (CEDEX) of the Ministry of Public Works of Spain. The activities of this agreement, developed by the Centre for Hydrographic Studies of CEDEX in collaboration with the Centre for Studies of Applied Techniques, were extended until the end of 2015. This agreement was funded by the Cooperation Fund for Water and Sanitation (FCAS) of the Spanish International Cooperation Agency for Development (AECID). It initially began with the purpose of advising the Government of El Salvador in the development of a national water plan, but later included other issues related with hydrological planning and water resources for attending other needs and contributing to the strengthening of the management and administration of water in El Salvador. Finally, technical cooperation focused on the following five themes: surveillance of the works on the national hydrological plan of El Salvador, development of a methodology for calculating ecological flows, development of a methodology for determining fees for water use and disposal, training and technology transfer on planning and management of water resources and development of recommendations for the selection of urban wastewater treatments. The content and development of the different tasks carried out by CEDEX, and the different results obtained, are exposed in this paper.

1. INTRODUCCIÓN

Con fecha de 22 de mayo de 2013 fue firmado el "Convenio de Cooperación Técnica para la Asistencia Técnica y

Seguimiento a la Elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico, en Materia de Protección y Manejo de los Recursos Hídricos" entre el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de El Salvador y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Fomento de España. El desarrollo del Convenio ha estado a cargo del Centro de Estudios Hidrográficos, quien contó con la colaboración

^{*} Autor de contacto: antonio.jimenez@cedex.es

¹ Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, Madrid, España.

del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas en algunos aspectos.

Este Convenio de cooperación tuvo como antecedente el trabajo realizado por el CEDEX para el Fondo de Cooperación de Agua y Saneamiento (FCAS), de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), consistente en la revisión de los términos de referencia para contratar la "Elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico, con énfasis en Zonas Prioritarias (El Salvador)", los cuales habían sido redactados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), ayudando a definir los trabajos a realizar, su alcance, metodología, información básica a recopilar, etc.

Posteriormente, como consecuencia de ese trabajo, el Gobierno de El Salvador decidió seguir contando con la asesoría del CEDEX para orientar y revisar los distintos estudios del Plan, para lo cual decidió formalizar un Convenio directamente con el CEDEX.

La firma del mencionado Convenio se enmarca dentro del desarrollo, por parte del Gobierno de El Salvador, del "Programa de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión de los Recursos Hídricos de El Salvador" y del "Proyecto Integrado de Agua, Saneamiento y Medio Ambiente", ambos cofinanciados por el FCAS.

Aunque inicialmente el objeto del Convenio era "apoyar y asesorar en el seguimiento de la Elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias (PNGIRH)", finalmente se incluyó también como objetivo "brindar asesoría y asistencia técnica al MARN como mecanismo para facilitar la formulación y ejecución de proyectos estratégicos que permitan la protección y el manejo adecuado de los recursos hídricos", extendiendo así los trabajos a otros temas relacionados con la planificación hidrológica y los recursos hídricos con objeto de cubrir otras necesidades de la gestión y administración del agua en El Salvador, contribuyendo a su fortalecimiento.

De esta forma, se incluyó en los trabajos la asistencia técnica en temas como el cálculo de caudales ecológicos, aspecto que debería abordarse en un futuro inmediato como consecuencia de la redacción e implantación del PNGIRH y en la que no se tenía ninguna experiencia en El Salvador, o el tratamiento de las aguas residuales, cuestión que se preveía como una de las cuestiones críticas en El Salvador y en la que deberían centrarse gran parte de los esfuerzos. Asimismo, se incluyó el asesoramiento en relación a los cánones por vertido y uso del agua, aspecto en el que tampoco se tenía experiencia en El Salvador y que debía quedar regulado en el futuro Reglamento que desarrollase el anteproyecto de Ley General de Aguas que en aquel momento se estaba tramitando. Por último, se incluyó la capacitación y transferencia de tecnología sobre planificación y gestión de recursos hídricos.

De esta forma, el Convenio recogió finalmente la realización de las siguientes cinco tareas:

 Tarea 1. Seguimiento de los trabajos para la elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias.

- Tarea 2. Elaboración de una metodología para el cálculo de los caudales ecológicos.
- Tarea 3. Elaboración de una metodología para la determinación de los cánones por vertido y uso del agua.
- Tarea 4. Capacitación y transferencia de tecnología sobre planificación y gestión de recursos hídricos.
- Tarea 5. Elaboración de recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador.

El plazo de ejecución de los trabajos se fijó inicialmente en 26 meses, aunque finalmente se extendió hasta diciembre de 2015 con objeto de ajustarlo al plazo del contrato de consultoría para la elaboración del PNGIRH, que también fue prorrogado.

La colaboración establecida mediante el citado Convenio entre el CEDEX y el Gobierno de El Salvador ha tenido su continuación en el asesoramiento que presta actualmente el CEDEX, a través de una encomienda con el FCAS, a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), institución encargada de la realización del Plan Nacional de Agua y Saneamiento de El Salvador, que debe resolver la preocupante situación de la calidad de las aguas de los cursos fluviales y la deficiencia en la calidad del servicio de abastecimiento en muchas poblaciones, puesta de manifiesto en el PNGIRH (Río Marrero, 2015).

En este artículo se expone el contenido y desarrollo de los diferentes trabajos realizados por el CEDEX en el marco del Convenio de cooperación técnica con el Gobierno de El Salvador, así como los distintos resultados obtenidos.

2. EL CONVENIO DE COOPERACIÓN TÉCNICA PARA LA ASISTENCIA TÉCNICA Y SEGUIMIENTO A LA ELABORACIÓN DEL PLAN NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO, EN MATERIA DE PROTECCIÓN Y MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

2.1. Seguimiento de los trabajos para la elaboración del plan hidrológico nacional de El Salvador

El objeto de esta tarea ha sido llevar a cabo un seguimiento de los trabajos realizados por la empresa adjudicataria de la elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador (PNGIRH), con énfasis en Zonas Prioritarias (figura 1), con el objeto de verificar su adecuación metodológica, con base a los términos de referencia, al instrumento de la contratación, y a los requerimientos necesarios para un desarrollo real del Plan, proporcionando los criterios adicionales que se requiriesen, en caso necesario, para lograr el objetivo final del mismo. El seguimiento se centró exclusivamente en cuestiones de carácter técnico.

El seguimiento de la elaboración del Plan se llevó a cabo principalmente a través de la realización de seis misiones, a lo largo del periodo de desarrollo de los trabajos, coincidentes con sus principales hitos que se centraron en la valoración técnica y revisión de los estudios, la identificación de carencias, la propuesta de correcciones, así como en proporcionar los criterios adicionales que fuesen

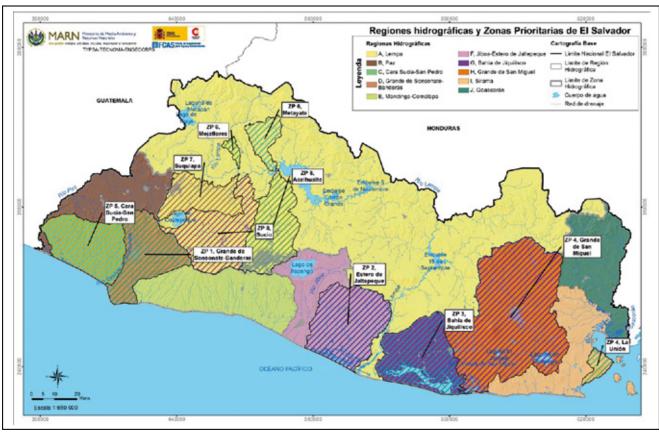


Figura 1. Zonas prioritarias a considerar en el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador. Fuente: PNGIRH – MARN.

necesarios. Las misiones, de aproximadamente una semana de duración, estuvieron constituidas por distintos especialistas del CEDEX en número variable dependiendo de las materias objeto de revisión en cada caso.

Previamente a la realización de estas misiones el MARN hizo llegar al CEDEX la documentación más relevante de aquellos aspectos sobre los que necesitaba un mayor apoyo técnico. Estos documentos fueron analizados y se prepararon notas con comentarios que fueron remitidas al MARN.

Durante las misiones se celebraron distintas reuniones con el personal encargado de la dirección de los trabajos, así como con el personal adicional que el MARN decidió, incorporándose también a las mismas en muchas ocasiones la empresa responsable de la ejecución de los trabajos. Durante estas reuniones se revisaron los estudios realizados por la empresa, analizando la información básica utilizada, las metodologías, criterios y modelos de cálculo empleados, las hipótesis estudiadas, los resultados obtenidos, etc., identificando, en su caso, las posibles carencias en los mismos que pudieran dar lugar a la realización de correcciones o trabajos complementarios, y proporcionando las indicaciones y criterios que se estimaron convenientes para garantizar una adecuada orientación de los trabajos desde su inicio.

El equipo técnico del CEDEX contó con especialistas en las siguientes materias para el desarrollo de las distintas misiones:

- Planificación hidrológica
- Recursos hídricos e inundaciones
- · Calidad de las aguas
- Caudales ecológicos
- Tecnologías de la información.

Entre los principales temas abordados en las misiones a lo largo del desarrollo del trabajo se pueden citar los siguientes:

- Recopilación, organización y almacenamiento de la información
- Bases de datos, sistemas de información geográfica y geoportal
- Evaluación de recursos hídricos (figura 2)
- Tratamiento y caracterización de las aguas subterráneas
- Cambio climático
- Evaluación de demandas (figura 3)
- Asignación y reserva de recursos. Balance hídrico
- Calidad del agua (figura 4)
- Caudales ecológicos
- Fenómenos extremos: avenidas y sequías.
- Programa de medidas.

En la tabla 1 se incluye la programación de las distintas misiones realizadas a El Salvador, indicando los distintos especialistas que participaron en las mismas según los temas que fueron abordados en cada una de ellas.

En noviembre de 2014, y como consecuencia de las reuniones y conversaciones mantenidas entre el MARN, la Agencia Española para la Cooperación y el Desarrollo (AECID), el CEDEX y la Consultora contratada para la elaboración del PNGIRH, en las que se solicitó al CEDEX una mayor implicación en el seguimiento de los trabajos y en la revisión de los Productos entregados por el Consultor, se firmó el Protocolo de Actuación para el Contrato MARN/AECID/SLV-041-B Nº 04/2013 "Elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador con Énfasis en Zonas Prioritarias". En aplicación del mencionado Protocolo, el CEDEX llevó a cabo

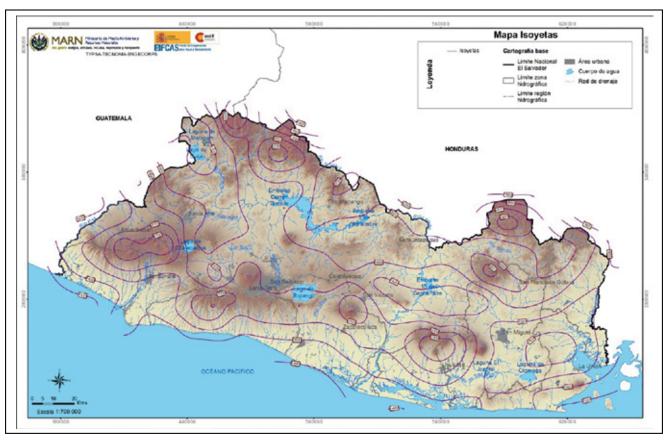


Figura 2. Mapa de isoyetas de precipitación media anual. Fuente: PNGIRH – MARN.

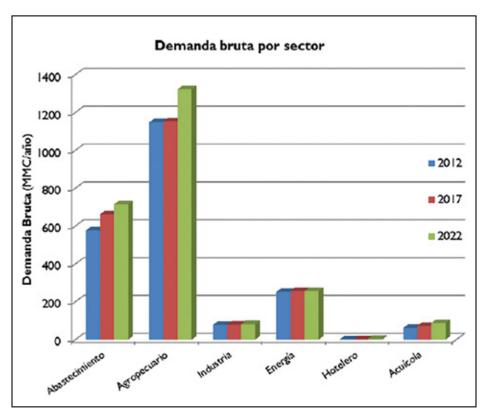


Figura 3. Demandas estimadas por sector en la situación actual y los horizontes futuros 2017 y 2022. Fuente: PNGIRH-MARN.

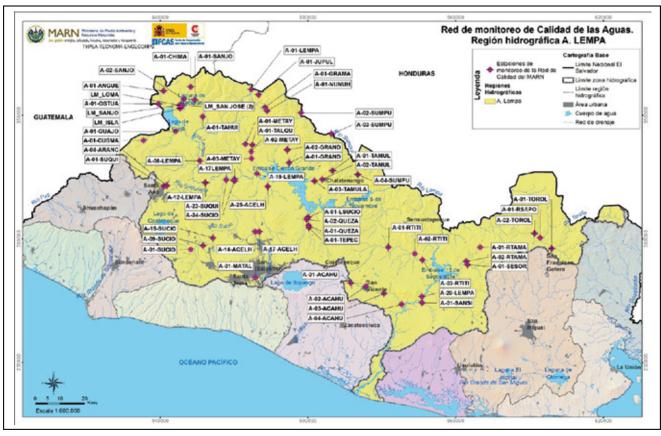


Figura 4. Estaciones de monitoreo de calidad de las aguas en la Región Hidrográfica Lempa. Fuente: PNGIRH-MARN.

Tabla 1. Misiones realizadas a El Salvador para seguimiento de la elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico

Fecha	Duración aproximada	Perfil de los asistentes		
Junio-Julio 2013	1 semana	Especialista en planificación hidrológica Especialista en recursos hídricos e inundaciones Especialista en tecnologías de la información Especialista en caudales ecológicos		
Noviembre 2013	1 semana	Especialista en planificación hidrológica Especialista en recursos hídricos e inundaciones Especialista en tecnologías de la información Especialista en calidad de las aguas Especialista en caudales ecológicos		
Marzo-Abril 2014	1 semana	Especialista en planificación hidrológica Especialista en recursos hídricos e inundaciones Especialista en calidad de las aguas Especialista en caudales ecológicos		
Septiembre 2014	1 semana	Especialista en planificación hidrológica Especialista en recursos hídricos e inundaciones Especialista en calidad de las aguas		
Marzo 2015	1 semana	Especialista en planificación hidrológica Especialista en recursos hídricos e inundaciones Especialista en calidad de las aguas		
Septiembre-Diciembre 2015	1 semana	Especialista en calidad de las aguas Especialista en tecnologías de la información		

adicionalmente la revisión detallada de los siguientes Productos entregados por el Consultor:

- Producto nº 5. Inventario de aguas superficiales y subterráneas
- Producto nº 6. Informe de usos, demandas y presiones actuales
- Producto nº 7. Informe de asignación y reserva de recursos para usos y demandas futuras
- Producto nº 8A. Documento conteniendo el plan de acción de zonas prioritarias 1 a 4.

El desarrollo de esta tarea se extendió hasta diciembre de 2015, adaptándose al plazo final de la elaboración del PNGIRH, para lo que fue necesario, como se indicó anteriormente, prorrogar el plazo inicialmente previsto en el Convenio.

2.2. Elaboración de una metodología para el cálculo de los caudales ecológicos

El objetivo de esta tarea ha sido la elaboración de un protocolo metodológico para el cálculo de los caudales ecológicos, cuya aplicación permita determinar los requerimientos ambientales de los ecosistemas fluviales en la República de El Salvador. Los regímenes de caudales deben asegurar un adecuado nivel de protección y recuperación del medio fluvial, de manera compatible con su aprovechamiento por parte de los diferentes usuarios del agua.

En la elaboración de esta guía, que ha sido desarrollada por el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CE-DEX, se ha tenido en cuenta la experiencia española en la materia, y el conocimiento adquirido a este respecto durante la implementación de los planes de gestión en cada una de las demarcaciones españolas. Igualmente, se han considerado las particularidades físicas, ambientales y sociales de las cuencas hidrográficas salvadoreñas, por cuanto la puesta en marcha de los caudales ecológicos debe asentarse en la planificación territorial y ambiental del país.

Adicionalmente, se llevó a cabo una recopilación de toda la información existente, incluyendo los estudios y proyectos relevantes realizados por instituciones salvadoreñas del sector, por las universidades, por la cooperación internacional y por los organismos financieros para su posterior análisis, y se mantuvieron reuniones con las administraciones implicadas en la protección y recuperación del medio fluvial, para conocer y valorar las experiencias existentes en este campo.

En paralelo a la elaboración del documento se desarrollaron cuatro casos de estudio para evaluar la viabilidad y efectividad de la metodología propuesta para el cálculo de los caudales ecológicos, así como para evaluar los problemas que pudieran surgir durante su implementación. Se seleccionaron para ello cuatro ríos de muy diferente tipología en cuanto a sus características físicas, ambientales y sociales, en concreto los ríos Sensunapán o Grande de Sonsonate (figura 5), Tamulasco (figura 6), Cara Sucia (figura 7) y Grande de San Miguel (figura 8).



Figura 5. Actividad de pesca artesanal en el sector de desembocadura del río Sensunapán.



Figura 6. Río Tamulasco aguas abajo de la ciudad de Chalatenango.



Figura 7. Tramo fluvial de la zona media del río Cara Sucia sometido a presión antrópica.



Figura 8. Vista de la cuenca de cabecera del río Grande de San Miguel.

Protocolo metodológico para el establecimiento de caudales ecológicos en la República de El Salvador

Los contenidos principales del protocolo son los siguientes:

- Revisión crítica del marco legislativo actual en El Salvador: Compilación de la normativa salvadoreña sobre gestión de los recursos naturales, protección del medio fluvial y de las especies y hábitats que sustenta, y necesidades de salud pública y de aprovechamiento ordenado de las aguas.
- Revisión y propuesta de patrones regionales: Es necesario el establecimiento de patrones ambientales, asociados a determinadas tipologías fluviales, o a ciertas regiones hidrológicas, que faciliten la extrapolación de resultados, y la definición del régimen ecológico "básico" para cada tipología. Se analizan los patrones ya establecidos por las autoridades salvadoreñas, estableciéndose los mecanismos técnicos necesarios para la incorporación de planteamientos relacionados con el ámbito de los caudales ecológicos.
- Preparación de la información hidrológica: La información hidrológica de partida resulta un aspecto clave para la correcta aplicación de las metodologías de cálculo. En el documento se definen

- los procedimientos necesarios para la preparación de la información hidrológica utilizada posteriormente en la evaluación de los requerimientos ambientales de los ecosistemas fluviales, incorporándose métodos para el completado de datos diarios y mensuales.
- Evaluación de requerimientos de los hábitats y especies: En el protocolo se definen diversas opciones para determinar las relaciones existentes entre los niveles de alteración hidrológica y los indicadores de calidad ecológica, atendiendo a los condicionantes de cada una de las cuencas analizadas, recopilándose al tiempo la información ya existente sobre esas interacciones. En particular se incluyen recomendaciones relativas a las siguientes fases:
 - Fase 1. Análisis de especies piscícolas en la cuenca
 - Fase 2. Análisis de especies piscícolas en el tramo de estudio
 - Fase 3. Construcción de curvas de idoneidad para las especies seleccionadas
 - Fase 4. Delimitación del tramo de modelación.
- Propuesta de metodología para la determinación de los caudales ecológicos: Una vez caracterizada adecuadamente la información hidrológica, y extraída la máxima información posible en relación con la respuesta ecológica de diversos escenarios de caudal, se incluye la propuesta de uso de las metodologías de cálculo. Se han seleccionado aspectos relacionados con metodologías hidrológicas (cálculo de medias móviles, percentiles y rangos de variabilidad natural), pero también se incluyen ciertos aspectos relacionados con metodologías de simulación del hábitat y holísticas, siempre en función de los datos pre-existentes, plazos de actuación, etc. Entre estos contenidos de carácter más biológico, se presta especial atención a aquellos asociados con los hábitats acuáticos y ribereños para determinadas comunidades y grupos biológicos (caso de la ictiofauna y la vegetación ribereña), así como con ciertos aspectos socioculturales y paisajísticos. Para ello, se propone que los regímenes de caudales calculados comprendan (en función de las necesidades de cada caso) las siguientes componentes:
 - a. Caudales mínimos que deben ser superados, con objeto de mantener la diversidad espacial del hábitat y su conectividad.
 - b. Caudales máximos que no deben ser superados en la gestión ordinaria de las infraestructuras, con el fin de limitar los caudales circulantes y proteger así a las especies autóctonas más vulnerables a estos caudales, especialmente en tramos fuertemente regulados.
 - c. Distribución temporal de los anteriores caudales mínimos y máximos, con el objetivo de establecer una variabilidad temporal del régimen de caudales que sea compatible con los requerimientos de los diferentes estadios vitales de las principales especies de fauna y flora autóctonas presentes en la masa de agua.

- d. Caudales de crecida, con objeto de controlar la presencia y abundancia de las diferentes especies, mantener las condiciones físico-químicas del agua y del sedimento, mejorar las condiciones y disponibilidad del hábitat a través de la dinámica geomorfológica y favorecer los procesos hidrológicos que controlan la conexión de las aguas de transición con el río, el mar y los acuíferos asociados.
- e. Tasa de cambio, con objeto de evitar los efectos negativos de una variación brusca de los caudales, como pueden ser el arrastre de organismos acuáticos durante la curva de ascenso y su aislamiento en la fase de descenso de los caudales.

El Protocolo metodológico desarrollado no solo incorpora recomendaciones y procedimientos desde el punto de vista de los ríos permanentes, sino que también se incluyen mecanismos de cálculo de caudales ecológicos para ríos temporales. Complementariamente, se aportan recomendaciones de manejo para sistemas tipo lago o humedal (figura 9), así como para cuerpos de agua muy presionados hidrológicamente.



Figura 9. Vista de la laguna del Jocotal.

El documento también incluye referencias a la determinación de caudales ecológicos de acuerdo con las necesidades de las comunidades ribereñas y las poblaciones indígenas, que raramente han sido consideradas en este tipo de análisis, y cuyos usos y prioridades pueden ser muy diferentes de las contempladas por los gestores del agua y por las del resto de actores de la cuenca.

Por último, se incorporan epígrafes relativos a los mecanismos para el seguimiento y gestión adaptativa de los caudales ecológicos, a partir de su implementación efectiva en las cuencas hidrográficas correspondientes.

Finalmente, el personal del CEDEX colaboró con las autoridades salvadoreñas en la presentación de la metodología de cálculo de caudales ecológicos con objeto de instruir a los técnicos de las administraciones y entidades interesadas en su utilización, así como en la explicación a los grupos de usuarios sobre la necesidad de implantar los caudales ecológicos.

2.3. Elaboración de una metodología para la determinación de los cánones por vertido y uso del agua

En El Salvador se está tramitando un anteproyecto de Ley General de Aguas (ALGA) que presenta entre sus principales novedades la implantación de cánones por uso, vertido y ocupación. El objeto de esta tarea ha sido desarrollar un procedimiento de cálculo de los cánones con los que se propondrá gravar a los beneficiarios de la utilización del dominio público. Este canon tendrá como objetivo cubrir los costes de la protección y recuperación del medio hídrico que sufre la afección, la financiación, explotación y conservación de las infraestructuras necesarias para el suministro del agua y para alcanzar los objetivos de calidad, así como el coste de los recursos técnicos y administrativos asociados. Para el desarrollo del procedimiento de cálculo se partió de las metodologías y experiencia existente en España y en otros países de Latinoamérica, adaptándolas a las características propias de El Salvador.

Asimismo, se recopiló la información existente que pudiera resultar de utilidad para conocer la situación de El Salvador en estos aspectos, incluyendo los estudios y proyectos relevantes realizados por instituciones salvadoreñas del sector, por las universidades, por la cooperación internacional y por los organismos financieros y se revisó la normativa salvadoreña sobre dominio público, calidad de aguas, procesos de autorización y concesión, cánones y marco tarifario.

Con objeto de analizar el resultado de las metodologías propuestas, así como de evaluar su viabilidad y efectividad, se seleccionaron una serie de casos de estudio correspondientes a distintos tipos de uso (doméstico urbano, doméstico rural, industrial, agrícola, turístico o energético) donde se pudo aplicar dichas metodologías tanto para los cánones de uso como de vertido.

Debido a que la disposición transitoria contenida en el Artículo 170 del ALGA establece que los cánones por uso y aprovechamiento de aguas y por vertidos se determinarán en un Reglamento Especial, a la propuesta metodológica se le dio el formato de reglamento salvadoreño, con objeto de que fuese más sencilla su utilización.

Metodología propuesta para el canon de uso de los bienes nacionales que forman parte del dominio público hídrico (DPH)

Para este canon se propuso la distinción de tres tipologías de uso o aprovechamiento, por analogía a lo expuesto en las leyes de aguas y de costas españolas: ocupación del DPH, uso o aprovechamiento por utilización no consuntiva y de carácter no extractivo de los bienes del DPH, y uso o aprovechamiento consuntivo de los bienes del DPH.

La determinación de la base imponible de cada tipología se describe someramente a continuación:

- En el caso de ocupación de bienes de DPH, la base imponible se determinará por el valor del terreno ocupado.
- En el caso de uso o aprovechamiento por utilización no consuntiva y de carácter no extractiva de los bienes de DPH, la base imponible se determinará por el

- valor de dicha utilización o de los ingresos obtenidos con la misma.
- En el caso de uso o aprovechamiento consuntivo o extractivo de los bienes de DPH (excluyendo el agua), la base imponible se determinará por el valor de los materiales consumidos o la utilidad que reporte dicho aprovechamiento.

Metodología propuesta para el canon de uso y aprovechamiento de recursos hídricos

Para el cálculo del canon de uso y aprovechamiento de recursos hídricos se estableció, como suele ser habitual en todas las legislaciones, el volumen de agua derivado como base imponible y se incluyeron una serie de coeficientes de mayoración/minoración de la base imponible basados en los siguientes criterios:

- Tipo de uso o aprovechamiento (diferencia entre uso doméstico/dotacional, industrial/comercial, agropecuario y recreativo)
- Origen de las aguas (diferencia entre agua reutilizada, aguas subterráneas en función de la presión a la que se ven sometidas y aguas superficiales)
- Volumen efectivamente consumido (diferencia las actividades industriales o comerciales en función de su consumo efectivo)
- Ubicación geográfica específica (diferencia la cuenca donde se realiza la extracción de agua en función de la presión hídrica de la misma)
- Beneficio que genera su uso o aprovechamiento (diferencia entre actividad de subsistencia o con fin social y el resto de casos)
- Casuística socioeconómica del núcleo urbano (diferencia entre poblaciones en función de su grado de pobreza). Se aplica únicamente a usos domésticos y dotacionales.

Para el caso específico de los usos hidroeléctricos o geotérmicos, cuyo beneficio se obtiene más de la energía potencial del agua que de su cantidad, una base imponible más adecuada es la resultante de multiplicar la energía producida por el precio medio de la electricidad y establecer un tipo de gravamen escalonado en función de la potencia de la generación.

Metodología propuesta para el canon de vertido

La estructura propuesta para el canon de vertido parte de la consideración de la carga contaminante como base imponible. Se propone considerar ocho "contaminantes" en el cálculo del canon, lo que equivale a establecer ocho bases imponibles diferentes: materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno total, fósforo total, sales disueltas, materias inhibidoras, coliformes fecales y metales.

Para la definición del monto del canon, a cada una de estas bases se les aplica un precio unitario, basado en la experiencia española y en el coste de remoción de la materia contaminante en el proceso de depuración, así como dos coeficientes mayoradores/minoradores, en función de la naturaleza del medio receptor y de la casuística

socioeconómica en el caso de vertidos provenientes de núcleos urbanos.

Previamente, para el cálculo, se debe sustraer a la carga contaminante vertida, la carga contaminante del agua captada para reducir el monto del canon para aquellos usuarios que dispongan de una captación de agua de peor calidad.

Casos de estudio

Como se ha dicho anteriormente, se realizaron diversos casos de estudio para varios usos, tratando de abarcar el espectro de aplicación que podía existir en El Salvador. Los escenarios considerados fueron los siguientes:

- Usos domésticos: poblaciones de 1.000, 10.000 y 50.000 habitantes, con y sin depuración del efluente (tabla 2)
- Usos industriales: varias industrias típicas salvadoreñas (papelera, matadero, azucarera, agroalimentaria, textil, cafetera y curtiembre), con y sin depuración del efluente
- Uso agrícola: cultivos típicos (caña de azúcar, pasto, maíz y hortalizas) en diversas subcuencas con distinta pluviometría
- Uso recreativo: campos de golf y campos de fútbol
- Uso hidroeléctrico y geotérmico: las diecinueve centrales existentes en el país.

Los casos de estudio fueron empleados para la calibración de las metodologías, como base para debatir con el equipo técnico del MARN los coeficientes y precios unitarios a adoptar. Asimismo, sirvieron para conocer de un modo orientativo el costo por metro cúbico derivado o vertido de los cánones de uso y de vertido.

2.4. Capacitación y transferencia de tecnología sobre planificación y gestión de recursos hídricos

El objeto de esta tarea ha sido colaborar en la formación, en materias relativas a la planificación y gestión de los recursos hídricos, del personal de los organismos e instituciones encargados de la gestión del agua en El Salvador, tanto técnicos como gestores, de tal forma que pudieran contar con personal capacitado para llevar a cabo un aprovechamiento del recurso más eficiente y una mejor conservación del mismo.

La capacitación se llevó a cabo mediante la realización de cursos específicos de corta duración en El Salvador,

impartidos principalmente por personal del propio CE-DEX. Las materias concretas a abordar en los cursos fueron determinadas por el MARN en función de sus necesidades. De esta forma, los cursos fueron impartiéndose a lo largo de la duración del Convenio según fueron identificándose las distintas necesidades por parte del MARN.

Los cursos finalmente impartidos fueron los siguientes:

 Curso de capacitación sobre "Gestión integrada de recursos hídricos. Planificación hidrológica".

El objetivo general del curso fue fortalecer el conocimiento y capacidades técnicas en temas relacionados con la gestión integrada de los recursos hídricos del personal técnico de las instituciones del sector público y municipalidades importantes involucradas en el proceso de elaboración e implementación de medidas dentro del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH), a fin de contribuir a la actualización y estandarización de criterios técnicos, y mejorar la preparación, análisis, vigilancia y control de las medidas previstas.

El curso tuvo una duración de 40 horas lectivas y fue impartido por personal del CEDEX en noviembre de 2013.

 Curso de capacitación sobre "Manejo del software Aquatool".

El curso abordó cuál es el objetivo de la modelación de sistemas de explotación de recursos hídricos como herramienta tanto para la planificación hidrológica como para la gestión; la información que es necesaria para la aplicación de los modelos y los resultados que se pueden obtener, señalando la utilidad y limitaciones de los mismos. Se contemplaron todas las cuestiones fundamentales a considerar: evaluación de recursos hídricos en régimen natural, realización del balance entre recursos y demandas para la asignación y reserva de recursos y cuestiones relativas a la calidad físico-química de las aguas.

Asimismo, en el curso se expuso el fundamento metodológico de los diferentes procesos de optimización y simulación. Se describió y utilizó el sistema soporte a la decisión AQUATOOL, desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), con el cual se realizaron casos prácticos, de manera que los asistentes al curso pudieron manejarlo y conocer sus prestaciones fundamentales. Si bien se presentaron todos los módulos de AQUATOOL, el curso se centró en los módulos utilizados en la

Tabla 2. Casos piloto estudiados de usos domésticos para el análisis de los cánones por uso y vertido

·	•						
Casos	Tratamiento de aguas	Volumen derivado	Vertido	Canon de Uso y Aprovechamiento		Canon de vertido	
	Sí/No	(hm³/año)	(hm³/año)	(\$/m³)	(\$/año)	(\$/m³)	(\$/año)
Aglomeración pequeña (1.000 hab)	Sí	0,08	0,04	0,007	537	0,05	2.217
Aglomeración pequeña (1.000 hab)	No	0,08	0,04	0,007	537	0,19	8.398
Aglomeración mediana (10.000 hab)	Sí	0,89	0,51	0,007	6.260	0,05	25.498
Aglomeración mediana (10.000 hab)	No	0,89	0,51	0,007	6.260	0,18	94.311
Aglomeración grande (50.000 hab)	Sí	5,11	2,92	0,007	35.770	0,05	144.115
Aglomeración grande (50.000 hab)	No	5,11	2,92	0,007	35.770	0,18	523.335

planificación hidrológica en El Salvador: EVAL-HID para la evaluación de recursos hídricos y SIM-GES para la simulación de sistemas de explotación. También se presentaron tanto el módulo de optimización (OPTIGES) como el resto de módulos integrados en AQUATOOL, en particular el módulo de calidad de aguas (GESCAL), pero su presentación fue más breve puesto que no se habían utilizado en los trabajos para elaborar el Plan Hidrológico de El Salvador.

El curso tuvo una duración de 40 horas lectivas y fue impartido en febrero de 2015. La preparación del programa del curso y su coordinación estuvo a cargo del CEDEX quien contó con la colaboración de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) para impartirlo.

 Curso de capacitación para el "Manejo de las recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador".

Como se ha indicado anteriormente, dentro de los trabajos definidos en el Convenio figura la "Elaboración de recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador". Con el objeto de facilitar a los técnicos salvadoreños el manejo de estas recomendaciones, el MARN solicitó al CEDEX la realización de un curso de capacitación sobre esta materia. Como objetivos específicos del curso se plantearon los siguientes:

- Fortalecer el conocimiento y capacidades de los técnicos salvadoreños en los tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas considerados como más adecuados para El Salvador.
- Explicar la forma de realizar los pre-dimensionamientos básicos de las distintas líneas de tratamiento seleccionadas y las estimaciones sobre la superficie requerida para su implantación y los costes de implantación y explotación y mantenimiento.
- Explicar el tipo de información y estudios previos que se deben realizar previamente a la selección del tratamiento adecuado, para determinar las condiciones locales donde se quiere implantar el sistema de depuración.
- Fortalecer el conocimiento y las capacidades de los técnicos en el manejo de la metodología de evaluación y selección del sistema de depuración más adecuado.

El curso tuvo una duración de 22 horas lectivas y fue impartido en septiembre de 2015. La preparación del programa del curso y su coordinación estuvo a cargo del CEDEX quien contó con la colaboración de la Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA), entidad española especializada en tecnologías de bajo coste para la depuración de aguas residuales, para impartir parte de las clases.

• Curso de capacitación sobre "Diseño y establecimiento de redes de monitoreo".

El objetivo general del curso fue fortalecer el conocimiento y las capacidades técnicas, en relación con las redes de medida de aguas superficiales y subterráneas, de técnicos de distintas instituciones del sector público de El Salvador relacionadas con la gestión del agua.

En el curso se abordaron las redes de medida meteorológicas, las redes de medida de aguas superficiales, hidrológicas y de control de la calidad del agua, y las redes de medida de aguas subterráneas, tanto de cantidad como de calidad. Asimismo, se complementó la exposición de las redes de medida de calidad del agua con una exposición de las redes de medida biológicas, en relación al control del estado ecológico de las masas de agua.

Para cada una de las redes se plantearon sus objetivos, tipologías, criterios de diseño, instrumentación, etc. Asimismo, se trataron aspectos relacionados con la revisión y tratamiento de los datos, así como con su almacenamiento y difusión. En el caso de las redes de calidad del agua se expuso también los protocolos de muestreo y análisis.

Por último, se realizaron unas prácticas en campo para conocer los instrumentos de medida y aprender las técnicas para llevar a cabo medidas puntuales en caso de que fuese necesario (figura 10).



Figura 10. Prácticas de campo del curso de capacitación sobre "Diseño y establecimiento de redes de monitoreo".

El curso tuvo una duración de 40 horas lectivas y fue impartido por personal del CEDEX entre finales de noviembre y principios de diciembre de 2015.

Las principales instituciones salvadoreñas representadas por los alumnos asistentes a los cursos fueron: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Ministerio de Salud (MINSAL), Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ministerio de Economía (MINEC), Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa (CEL), Secretaria Técnica de la Presidencia y la Universidad de El Salvador.

2.5. Elaboración de recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas

El objetivo de esta tarea ha sido la elaboración de unas recomendaciones que faciliten la toma de decisiones a las administraciones y entidades públicas y privadas de El Salvador en la selección de los sistemas de depuración de aguas residuales urbanas más adecuados en cada caso. La depuración de aguas residuales y la mejora de la calidad del agua de los cursos fluviales es uno de los retos futuros de El Salvador puesto de manifiesto en el PNGIRH, por lo que es previsible que se produzca un importante desarrollo en el tratamiento de aguas residuales en El Salvador en los próximos años. Una de las causas principales del fracaso y de la ineficiencia de las instalaciones actuales es la selección de tecnologías inapropiadas y los problemas derivados del diseño y de la construcción de las mismas. En consecuencia, conocer las características de cada tecnología y saber seleccionar la más adecuada en cada caso concreto, constituye un elemento central en el desarrollo del sector.

Las recomendaciones se han planteado como un instrumento eminentemente práctico, donde se han identificado los tratamientos de depuración de mayor interés para su utilización en El Salvador y se han establecido criterios claros de selección en función de las condiciones locales (número de habitantes servidos, características del agua residual a tratar, climatología, medio físico, etc.).

La metodología seguida se ha basado en la experiencia recogida en la elaboración del "Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones" en España (CEDEX, 2010), realizado por el CEDEX en colaboración con el Centro de Estudios de Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA), que ha demostrado su valía tras varios años de aplicación práctica en la selección de estaciones depuradoras en este ámbito. Asimismo, se tuvo en cuenta toda la información existente en El Salvador en materia de saneamiento y depuración, incluyendo los estudios y proyectos realizados por instituciones salvadoreñas del sector, por las universidades, por la cooperación internacional y por los organismos financieros. Adicionalmente, se establecieron reuniones con la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y otras entidades implicadas en la depuración, para conocer y valorar las experiencias existentes en este campo, y se visitaron diversas estaciones depuradoras (figuras 11 y 12). De las plantas visitadas se analizó su funcionamiento, rendimientos, diseño, operación y mantenimiento.



Figura 11. Planta de tratamiento de aguas residuales de San Luis Talpa (Filtro percolador).



Figura 12. Planta de tratamiento de aguas residuales de Villa Lourdes (Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)+ Filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA)).

Tanto la propuesta sobre los tratamientos más adecuados para su utilización en El Salvador como la metodología para valorar la idoneidad de cada tratamiento en cada caso, se llevó a cabo en colaboración con el MARN y otras entidades públicas salvadoreñas implicadas. Con este propósito, se constituyó el Grupo Técnico de Seguimiento de los trabajos formado por representantes del MARN, ANDA y FISDL.

Para la selección de los tratamientos más adecuados se utilizó como criterio general, dadas las condiciones socio-económicas del país, la adopción de tecnologías sencillas de operar y mantener y de bajo coste de explotación, siendo conscientes de que existen situaciones específicas, como es el caso de zonas turísticas o muy urbanizadas, donde los terrenos son escasos y las condiciones medioambientales (ruidos, olores, etc.) son muy estrictas, que pueden exigir tratamientos intensivos más eficaces de mayor complejidad y de más altos costes de explotación. Para la identificación y caracterización de los tratamientos de aguas residuales más adecuados, los estudios de la superficie de implantación, costes de implantación y costes de explotación y mantenimiento de los tratamientos seleccionados y el apoyo a la divulgación de los trabajos a entidades públicas y privadas del sector, se contó con la colaboración del CENTA.

Documento de recomendaciones

El documento se estructura en los siguientes capítulos:

- 1. Introducción
- 2. La gestión de las aguas residuales urbanas en El Salvador: En este capítulo se analizan todos aquellos aspectos que pueden condicionar el desarrollo de la depuración, las características del país, el marco institucional y normativo la situación del sector o las experiencias existentes en los tratamientos de las aguas residuales. También se analiza la situación de la depuración en El Salvador, los tratamientos más usuales en el país y los aspectos técnicos y operativos de las instalaciones existentes.
- 3. Líneas de tratamiento de depuración adoptadas: En este capítulo se establece el ámbito de población al que se refieren las recomendaciones (de 100 a 50.000 habitantes) y se seleccionan las líneas de tratamiento de

- aguas residuales urbanas más adecuadas para el país, que corresponden a las seis líneas de tratamiento siguientes: Filtros Percoladores, Reactores Anaerobios de flujo ascendente (RAFA) + Filtros Percoladores, Lagunajes, Humedales Artificiales, Aireación Extendida y Contactores Biológicos Rotativos (CBR).
- 4. Pretratamiento y Tratamientos primarios: En este apartado se establecen recomendaciones de carácter general relativas a los pretratamientos y tratamientos primarios, que se desarrollarán en mayor detalle en cada una de las líneas de tratamiento, así como los parámetros de diseño de las distintas operaciones unitarias. En el pretratamiento, además de las operaciones de desbaste, desarenado y desengrasado, se incluye la obra de llegada y la medida de caudal. Respecto a los tratamientos primarios, se incluyen los de mayor interés para El Salvador: las fosas sépticas, los tanques Imhoff y los sedimentadores primarios.
- 5. Descripción y caracterización de las líneas de tratamiento seleccionadas: En este capítulo se recoge información técnica y económica referente a cada una de las líneas de tratamiento seleccionadas con el objetivo de conocerlas suficientemente de cara a su valoración en la selección de alternativas. Para cada línea de tratamiento se describen sus fundamentos, los tratamientos previos necesarios, la línea de tratamiento adoptada, los parámetros de diseño y sus principales características: a) rendimientos, b) influencia de las características del terreno, c) influencia de la temperatura, d) flexibilidad ante variaciones de caudal y carga contaminante, e) producción y característica de los lodos producidos, f) complejidad de explotación y mantenimiento, g) impactos medioambientales, h) estimación de la superficie necesaria, i) estimación de los costes de implantación y j) estimación de los costes de explotación y mantenimiento.
- 6. Tratamientos de desinfección: En este capítulo se establecen recomendaciones sobre los tratamientos de desinfección aplicables en El Salvador y sus parámetros de diseño, con objeto de cumplir con los límites tan estrictos relativos a patógenos establecidos en la normativa salvadoreña de vertidos a cauces receptores. Además, se estiman los costes de implantación y explotación de los tratamientos de desinfección seleccionados y las superficies que precisan para su implantación. Se han seleccionado como tratamientos más adecuados: la cloración mediante hipoclorito cálcico o hipoclorito sódico, las lagunas de maduración y los humedales artificiales.
- 7. Tratamientos de lodos: En este capítulo se analizan las tecnologías destinadas a estabilizar y/o deshidratar los lodos. Al igual que en el caso de la desinfección, se recomiendan varios tratamientos (digestión anaerobia a temperatura ambiente, patios de secado y humedales artificiales) de los que se recoge sus características y criterios de diseño. Dentro de las características se incluyen tablas con los requisitos de superficie de implantación, así como con la estimación de costes de implantación y costes de explotación y mantenimiento.

- 8. Criterios de selección de los tratamientos de depuración: En este capítulo se establece la metodología para evaluar y seleccionar la línea de tratamiento más adecuada. El proceso de evaluación se basa en una matriz de decisión que relaciona los distintos aspectos que pueden ser tenidos en cuenta en un proceso de tratamiento de aguas residuales, bajo unas determinadas circunstancias, mediante la asignación de calificaciones en los diversos criterios, según la opinión de los evaluadores. Los criterios reciben una ponderación según su importancia, en función de cada caso de evaluación. La técnica de evaluación propuesta se basa en los siguientes pasos (figura 13):
 - 1. Establecimiento de los criterios de selección
 - 2. Análisis de los criterios limitantes
 - 3. Eliminación de las alternativas que no cumplan con los criterios limitantes
 - 4. Ponderación de cada criterio en función de su importancia
 - Valoración de cada alternativa respecto a cada criterio
 - Introducción en la matriz de decisión de los coeficientes de ponderación establecidos y de las puntuaciones otorgadas a cada línea de tratamiento
 - Selección de la alternativa, o alternativas, más adecuadas.

Finalmente, el CEDEX ha colaborado con el MARN en la edición en papel y soporte informático del documento de recomendaciones, así como en su presentación a distintas instituciones implicadas en la gestión del saneamiento y depuración en El Salvador.

3. CONCLUSIONES

Con fecha de 22 de mayo de 2013 fue firmado el "Convenio de Cooperación Técnica para la Asistencia Técnica y Seguimiento a la Elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico, en Materia de Protección y Manejo de los Recursos Hídricos" entre el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de El Salvador y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Fomento de España. Aunque inicialmente el objeto del Convenio era apoyar y asesorar en el seguimiento de la elaboración del "Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador (PNGIRH)", finalmente se extendieron los trabajos a otros temas relacionados con la planificación hidrológica y los recursos hídricos que deberían abordarse en un futuro inmediato como consecuencia de la redacción e implantación del PNGIRH.

De esta forma, dentro del Convenio se llevaron a cabo finalmente las siguientes cinco tareas:

 Tarea 1. Seguimiento de los trabajos para la elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias.

El objeto de esta tarea ha sido llevar a cabo un seguimiento de los trabajos realizados por la empresa adjudicataria de la elaboración del PNGIRH. El seguimiento de la elaboración del Plan se llevó a cabo

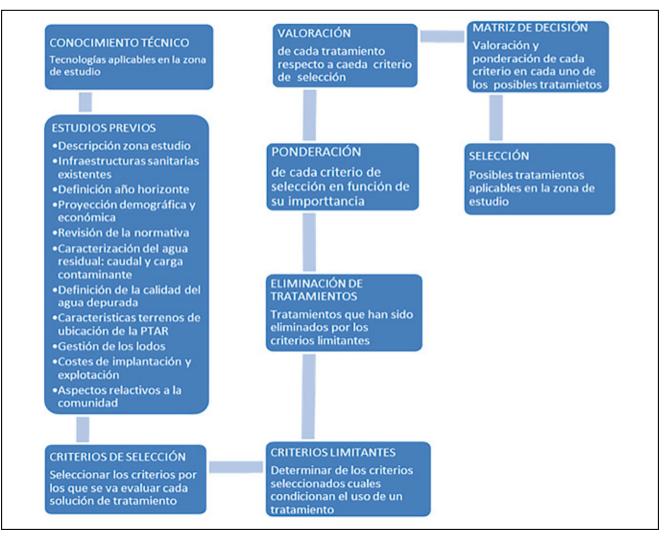


Figura 13. Diagrama de la metodología para selección del tratamiento de depuración de aguas residuales.

principalmente a través de la realización de seis misiones, a lo largo del periodo de desarrollo de los trabajos, coincidentes con sus principales hitos que se centraron en la valoración técnica y revisión de los estudios, la identificación de carencias, la propuesta de correcciones, así como en proporcionar los criterios adicionales que fuesen necesarios.

 Tarea 2. Elaboración de una metodología para el cálculo de los caudales ecológicos.

El objetivo de esta tarea ha sido la elaboración de un protocolo metodológico para el cálculo de los caudales ecológicos, cuya aplicación permita determinar los requerimientos ambientales de los ecosistemas fluviales en El Salvador. En su desarrollo se ha tenido en cuenta la experiencia española en la materia, así como las particularidades físicas, ambientales y sociales de las cuencas hidrográficas salvadoreñas. Adicionalmente, se desarrollaron cuatro casos de estudio, en ríos de muy diferente tipología en cuanto a sus características físicas, ambientales y sociales, para evaluar la viabilidad y efectividad de la metodología propuesta.

Para realizar la propuesta se seleccionaron aspectos relacionados con metodologías hidrológicas, pero también se incluyeron ciertos aspectos relacionados con metodologías de simulación del hábitat y holísticas, siempre en función de los datos pre-existentes, plazos de actuación, etc. Asimismo, se propuso que los regímenes de caudales comprendan (en función de las necesidades de cada caso) las siguientes componentes: caudales mínimos que deben ser superados, caudales máximos que no deben ser superados en la gestión ordinaria de las infraestructuras, distribución temporal de los anteriores caudales mínimos y máximos, caudales de crecida y tasa de cambio.

 Tarea 3. Elaboración de una metodología para la determinación de los cánones por vertido y uso del agua.

El objeto de esta tarea ha sido desarrollar un procedimiento de cálculo de los cánones con los que se propondrá gravar a los beneficiarios de la utilización del dominio público, según se establece en el anteproyecto de Ley General de Aguas (ALGA) que se está tramitando en El Salvador. Para el desarrollo del procedimiento de cálculo se partió de las metodologías y experiencia existente en España y en otros países de Latinoamérica, adaptándolas a las características propias de El Salvador. Con objeto de analizar el resultado de las metodologías propuestas se seleccionaron una serie de casos de estudio correspondientes a distintos tipos de uso (doméstico urbano, doméstico rural, industrial, agrícola, turístico o energético). La propuesta incluye:

- Canon de uso de los bienes nacionales que forman parte del dominio público hídrico (DPH):
 Para este canon se propuso la distinción de tres tipologías de uso o aprovechamiento: ocupación del DPH, uso o aprovechamiento por utilización no consuntiva y de carácter no extractivo de los bienes del DPH, y uso o aprovechamiento consuntivo de los bienes del DPH.
- Canon de uso y aprovechamiento de recursos hídricos: Se estableció el volumen de agua derivado como base imponible y se incluyeron una serie de coeficientes de mayoración/minoración basados en los siguientes criterios: tipo de uso o aprovechamiento, origen de las aguas, volumen efectivamente consumido, ubicación geográfica específica, beneficio que genera su uso o aprovechamiento y casuística socioeconómica del núcleo urbano.
- Canon de vertido: Parte de la consideración de la carga contaminante como base imponible. Se propone considerar ocho "contaminantes" en el cálculo del canon: materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno total, fósforo total, sales disueltas, materias inhibidoras, coliformes fecales y metales. Se aplica un precio unitario y dos coeficientes mayoradores/ minoradores en función de la naturaleza del medio receptor y de la casuística socioeconómica en el caso de vertidos provenientes de núcleos urbanos.
- Tarea 4. Capacitación y transferencia de tecnología sobre planificación y gestión de recursos hídricos.

El objeto de esta tarea ha sido colaborar en la formación, en materias relativas a la planificación y gestión de los recursos hídricos, del personal de los organismos e instituciones encargados de la gestión del agua en El Salvador. La capacitación se llevó a cabo mediante la realización de cursos específicos de corta duración en El Salvador, impartidos principalmente por personal del propio CEDEX. Las materias concretas de los cursos fueron determinadas por el MARN en función de sus necesidades. Los cursos finalmente impartidos fueron los siguientes:

- Curso de capacitación sobre "Gestión integrada de recursos hídricos. Planificación hidrológica"
- Curso de capacitación sobre "Manejo del software Aquatool"
- Curso de capacitación para el "Manejo de las recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador"
- Curso de capacitación sobre "Diseño y establecimiento de redes de monitoreo".
- Tarea 5. Elaboración de recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador.

El objetivo de esta tarea ha sido la elaboración de unas recomendaciones que faciliten la toma de decisiones a las administraciones y entidades públicas y privadas de El Salvador en la selección de los sistemas de depuración de aguas residuales urbanas más adecuados en cada caso. La metodología seguida se ha basado en la experiencia recogida en la elaboración del "Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones" en España (CEDEX, 2010). Para la selección de los tratamientos más adecuados se utilizó como criterio general, dadas las condiciones socio-económicas del país, la adopción de tecnologías sencillas de operar y mantener y de bajo coste de explotación, aunque pueden existir situaciones específicas que pueden exigir tratamientos intensivos más eficaces de mayor complejidad y de más altos costes de explotación.

Las recomendaciones se refieren a un ámbito de población de entre 100 y 50.000 habitantes. Las líneas de tratamiento que se consideraron más adecuadas para el país son: Filtros Percoladores, Reactores Anaerobios de flujo ascendente (RAFA) + Filtros Percoladores, Lagunajes, Humedales Artificiales, Aireación Extendida y Contactores Biológicos Rotativos (CBR). Para cada una de ellas se proporciona información sobre sus características técnicas, superficie de implantación, costes de implantación y costes de explotación y mantenimiento. Asimismo, se establece una metodología para evaluar y seleccionar la línea de tratamiento más adecuada, basada en una matriz de decisión que relaciona los distintos aspectos que pueden ser tenidos en cuenta en un proceso de tratamiento de aguas residuales y la asignación de calificaciones según la opinión de los evaluadores.

4. AGRADECIMIENTOS

Los trabajos desarrollados dentro del "Convenio de Cooperación Técnica para la Asistencia Técnica y Seguimiento a la Elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico, en Materia de Protección y Manejo de los Recursos Hídricos" se han llevado a cabo bajo la dirección del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de El Salvador, en concreto de los ingenieros Hernán Romero y José Alberto Gómez. Asimismo, se ha contado también con la colaboración de otras instituciones salvadoreñas, como la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL), durante la redacción de las recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas, las cuales han aportado su conocimiento y experiencia en el sector.

Asimismo, se quiere agradecer a D. Justo Mora Alonso-Muñoyerro, consejero del Consejo General de Obras Públicas, su colaboración permanente y especial dedicación en la elaboración de la metodología para la determinación de los cánones por vertido y uso del agua.

5. REFERENCIAS

CEDEX (2010). Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Gobierno de España).

Río Marrero, I. del (2015). Apoyo del CEDEX a las actuaciones del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento. *Ingeniería Civil*, 179, pp. 163-173.

Líneas de actividad

Infraestructura ferroviaria

Vibraciones y fatiga del material móvil

Puentes y otras estructuras

ERTMS: (European Rail Traffic Management System) certificación de equipos genéricos

ERTMS: Certificado de proyectos de vía

ERTMS: Validación tren-vía

Servicios tecnológicos de carácter medio ambiental

Fields of Activity

Railway Infrastructures

Vibrations and Fatigue of Mobile Materials

Bridges and Other Structures

ERTMS (European Rail Traffic Management System): Components Certification

ERTMS: Trackside
Projects Verification

ERTMS: Train-Track
Compatibility Verification

Technological Services for Environment-Related Issues



Líneas de actividad

Infraestructura ferroviaria

Vibraciones y fatiga del material móvil

Puentes y otras estructuras

ERTMS: (European Rail Traffic Management System) certificación de equipos genéricos

ERTMS: Certificado de proyectos de vía

ERTMS: Validación tren-vía

Servicios tecnológicos de carácter medio ambiental

Fields of Activity

Railway Infrastructures

Vibrations and Fatigue of Mobile Materials

Bridges and Other Structures

ERTMS (European Rail Traffic Management System): Components Certification

ERTMS: Trackside Projects Verification

ERTMS: Train-Track
Compatibility Verification

Technological Services for Environment-Related Issues

