

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA EN EL MARCO DEL PROYECTO SANITAS

Xavier Garcia Acosta

Yarqon River Authority, 9 Ussishkin Street, 61067 Tel-Aviv, Israel

Resumen

Según informes recientes de la Comisión Europea, el desarrollo e implementación de innovaciones tecnológicas en el campo del agua urbana, resultaría determinante para cumplir con los objetivos de la Directiva Marco del Agua. SANITAS, es un proyecto europeo que tiene como objetivo central formar a futuros expertos en el campo de la gestión integrada de sistemas urbanos del agua, teniendo en cuenta el conjunto de retos emergentes. Uno de los mayores hitos de SANITAS será preparar a los investigadores en la relevancia que las políticas de gestión del recurso tienen en su trabajo/carrera, y en cómo formular políticas basadas en los resultados de su actividad científica. Dentro de estos “paquetes de trabajo”, se llevó a cabo un ejercicio para el conjunto de investigadores con el objetivo de determinar cuáles podrían ser las principales aportaciones tecnológicas necesarias para la aplicación de la Directiva Marco del Agua, donde se escogió un total de 54. Mediante la aplicación de un análisis clúster basado en información de unas encuestas sobre cada una de las tecnologías escogidas, este estudio muestra la existencia de 4 tipologías de innovación tecnológica: con riesgo ambiental, de implementación rápida y económica, con elevada aceptación social, de implantación económicamente menos viable.

Palabras clave: Directiva Marco del Agua, innovaciones tecnológicas, sistemas urbanos del agua, SANITAS.

1. Introducción

Según la Directiva Marco del Agua (DMA), los Estados miembros deben tratar de lograr un «buen estado» de todas las masas de agua superficiales y subterráneas para el año 2015 a no ser que existan razones de excepción. Según la misma, por «buen estado» se entiende que cualquiera de las masas de agua (aguas superficiales continentales, las aguas de transición, aguas costeras y aguas subterráneas) muestra sólo una pequeña modificación de lo que cabría esperar en la naturaleza en condiciones inalteradas. La directiva establece una relación de parámetros ecológicos que miden la “salud” de las masas de agua con tal de determinar el “estado ecológico o el estado de potencial” de las masas de agua, en base a: 1) elementos de calidad biológicos (fitoplancton, fitobentos, fauna bentónica, macrófitos y peces); 2) estado hidromorfológico; 3) elementos de calidad fisicoquímicos y contaminantes no prioritarios. En caso de las masas de agua superficiales, se debe alcanzar un buen potencial ecológico, y el buen estado químico de las aguas superficiales. Respecto a las aguas subterráneas, su evaluación se basará en el “buen estado cuantitativo” y el “buen estado químico”¹. No obstante, según EEA (2012), en 2009, solo el 42% de las masas de agua superficial alcanzó un estado ecológico «bueno» o «muy bueno». En el caso de las masas de agua subterránea, 80% alcanzó un buen estado químico y el 87% se encontraban en buen estado cuantitativo.

Con el objetivo de garantizar la sostenibilidad de todas las actividades que impactan sobre el agua, asegurando así la disponibilidad de agua de buena calidad para un uso sostenible y equitativo, la Comisión Europea propuso el *Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources* (Plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa), a partir de una amplia evaluación de las políticas actuales entorno a estos recursos, centrándose paralelamente en el cumplimiento de la DMA (EC, 2012). En este plan se destaca como eje prioritario para alcanzar tales

¹ Mirar el anexo 5 de la DMA

objetivos, centrarse en el “crecimiento verde”, además de ser más eficiente con el uso del recurso agua. Éste informe, pronostica que el cumplimiento de tales objetivos podría representar también una vía para fomentar la competitividad y el crecimiento en Europa, y por tanto, contribuir a solucionar la crisis económica y ambiental. Es por ello que se centra en la mejora de la innovación en materia de agua, como una herramienta crucial para el desarrollo sostenible. Paralelamente, La *Flagship Initiative: “Innovation Union”* (Unión por la innovación) (ECa, 2010), una de las siete de la Estrategia Europa 2020 (ECb, 2010), tiene como objetivo reorientar la I + D y la política de innovación, en los desafíos que enfrenta nuestra sociedad, tales como el cambio climático, la eficiencia en el campo energético y otros recursos, el cambio demográfico, o mantener el bienestar de los ciudadanos.

En resumen, según las recientes políticas europeas de planificación, fomentar la I+D y la implementación de tecnologías que influyen positivamente en la calidad y cantidad, y al mismo tiempo mejora las características hidromorfológicas de las masas de agua, contribuirá a la consecución de los objetivos futuros DMA, además de fomentar al desarrollo económico y social de la Unión.

1.1. El proyecto SANITAS

SANITAS (*Sustainable and Integrated Urban Water System Management*), es un proyecto europeo en el marco del VII Programa Marco (Marie Curie Initial Training Network - ITN - 289193). Este tiene como objetivo central formar a futuros expertos en el campo de la gestión integrada de sistemas urbanos del agua, teniendo en cuenta el conjunto de retos emergentes como el cambio climático, la incertidumbre económica o el control de los microcontaminantes. Para cumplir con tal objetivo, SANITAS ha desarrollado una plataforma intereuropea para la preparación e implementación de las habilidades técnicas y complementarias de un conjunto de futuros profesionales del agua. Además, SANITAS es consciente de la actual barrera existente entre la innovación en el campo de los sistemas urbanos del agua, y su aplicación para afrontar las problemáticas del futuro. Es por ello que uno de los Paquetes de Trabajo (*Working Package*) del proyecto, el 4º, se centra en preparar a los investigadores en la relevancia que las políticas de gestión del recurso tienen en su trabajo/carrera, y en cómo formular políticas basadas en los resultados de su actividad científica. Con los diferentes resultados que se obtengan al llevar cabo este paquete trabajo, se elaborará un informe para ser enviado a la Comisión Europea.

Además de presentar el proyecto SANITAS, esta ponencia tiene como objetivo mostrar los primeros resultados de la aplicación del *Working Package n° 4* que, trata de responder a la pregunta sobre cuáles son los principales *inputs* tecnológicos que se requieren para la implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA), y cómo los avances en la tecnología pueden refinar y reformar sus futuros objetivos.

2. Metodología

2.1. Muestreo e instrumentación

Para la realización de este estudio, se contó con la participación de 10 estudiantes de doctorado, y 3 estudiantes de post-doc, la mayoría ingenieros expertos en diferentes campos de la ciencia y tecnología del agua, todos integrantes del proyecto SANITAS. Las preguntas de partida que se formularon para la elaboración de este ejercicio son las siguientes:

- ¿Cuáles son las principales aportaciones tecnológicas necesarias para la aplicación de la DMA y cómo puede el desarrollo de la tecnología cumplir con los objetivos marcados?
- ¿Después de doce años desde la introducción de la DMA, cómo pueden los avances tecnológicos ayudar a perfeccionar y reformar los objetivos futuros de la DMA?

En primer lugar, se ofreció diferentes fuentes bibliográficas con relación al estado de la implementación de la Directiva Marco del Agua, la importancia de la asimilación del conocimiento científico y la innovación tecnológica para cumplir con los objetivos de la DMA, y de diferentes fuentes (principalmente gubernamentales) donde se podrían buscar innovaciones tecnológicas en el campo de gestión urbana del agua (por ejemplo, Water Wise <www.waterwise.org.uk> o Water UK <<http://www.water.org.uk>>).

Las tareas que se pidieron a los participantes en la primera fase del ejercicio fueron:

- En primer lugar se pidió a los participantes que buscaran tecnologías en su área de especialización.
- A continuación, se pidió que exploraran los tipos de tecnología en que estén trabajando sus colegas en la organización en la cual se encuentran trabajando.
- Finalmente, y con el objetivo de mostrar a los participantes las dificultades a las que se tiene que enfrentar durante la toma de decisión, los políticos responsables de la gestión del agua. Los cuales no puede tener conocimiento experto de todos los ámbitos de la gestión de este recurso. Y se pidió a los participantes que buscaran tecnologías en otras áreas de especialización diferentes a las anteriores.

Posteriormente, se pidió a cada uno de los participantes que explicaran las tecnologías que habían escogido mediante una audio-presentación. Se dedicó una sesión llevada a cabo mediante una plataforma online para discutir con los participantes las diferentes tecnologías que se habían escogido. Cada participante identificó de 2 a 5 tecnologías, dando un total de 54 diferentes tecnologías.

Con el objetivo de hacer reflexionar los participantes sobre cómo cada una de las innovaciones tecnológicas podía ayudar a implementar la DMA, además de otros aspectos relevantes que el gestor debe tener en cuenta a la hora de adoptar estas tecnologías, la segunda parte del ejercicio consistió en contestar una encuesta para cada una de las tecnologías. Dicha encuesta cubría los siguientes aspectos;

- 1) DMA: Presiones e impactos: Unas escalas de likert, a las que el encuestado debe otorgar una puntuación que va de 1 (completamente en desacuerdo) a 5 (completamente de acuerdo), para valorar cómo cada tecnología afectaba sobre presiones e impactos que perturban el estado ecológico de las diferentes masas de agua. Las principales presiones e impactos fueron extraídos del informe “*European waters — assessment of status and pressures*” (EEA, 2012).
- 2) Aspectos económicos: Beneficios (o ahorros) económicos y mantenimiento.
- 3) Aceptación social: Aceptación social de las personas y entidades afectadas por la implementación de la tecnología.
- 4) Tiempo implementación: Tiempo que transcurre entre la aceptación y el pleno funcionamiento de la tecnología.
- 5) Riesgo: Tanto para el conjunto de la población como para el medio ambiente en general.

- 6) Espació: Superficie de terreno (en espacios abiertos), o espació en el edificio (viviendas o locales) necesario para implementar la tecnología.
- 7) Cumplimiento de la DMA: Idoneidad de la aplicación de la tecnología antes o después del 2015, respecto a las características inherentes de la tecnología, y el nivel de aplicación de la DMA.

La tabla 2.1.1 muestra las preguntas formuladas en el cuestionario, la estructura del cuestionario, y resultados estadísticos descriptivos.

Tabla 2.1.1. Preguntas formuladas en el cuestionario para los participantes, estructura del cuestionario, y resultados estadísticos descriptivos.

Tipo	Código	Pregunta	Unidades	Categoría	N°	%
DMA: Presiones e impactos	Q(1a)	Las presiones y los impactos de contaminación (fuentes difusas o puntuales de contaminación. Los nutrientes, materia orgánica, sustancias acidificantes y peligrosas)	de 1 (totalmente en desacuerdo) al 5 (completamente de acuerdo)	1	6	11.11
				2	6	11.11
				3	10	18.52
				4	13	24.07
				5	19	35.19
	Q(1b)	Presiones hidromorfológicas y alteración de los hábitats (incluye efectos en la morfología, barreras y las infraestructuras transversales, o el movimiento excesivo de sedimentos, etc.)	de 1 (totalmente en desacuerdo) al 5 (completamente de acuerdo)	1	21	38.89
				2	3	5.56
				3	14	25.93
				4	5	9.26
				5	11	20.37
	Q(1c)	Explotación de los recursos de agua (factores de cantidad y tiempo respecto a el impacto de la extracción de agua. Se refiere también a la demanda de agua para fines humanos)	de 1 (totalmente en desacuerdo) al 5 (completamente de acuerdo)	1	12	22.22
				2	1	1.85
				3	17	31.48
				4	6	11.11
				5	18	33.33
	Q(1d)	El impacto de las especies invasoras en el ecosistema;	de 1 (totalmente en desacuerdo) al 5 (completamente de acuerdo)	1	21	38.89
				2	1	1.85
				3	24	44.44
				4	3	5.56
				5	5	9.26
	Q(1e)	Cambio climático	de 1 (totalmente en desacuerdo) al 5 (completamente de acuerdo)	1	18	33.33
				2	2	3.7
				3	11	20.37
				4	16	29.63
				5	7	12.96
	Q(1f)	Otras (principalmente, mejoras en el rendimiento de la gestión del sistema)	de 1 (totalmente en desacuerdo) al 5 (completamente de acuerdo)	1	8	14.81
				2	6	11.11
				3	16	29.63
				4	10	18.52
				5	14	25.93
Aspectos económicos	Q(2)	Los beneficios económicos totales (o ahorros) obtenidos de la aplicación de la tecnología excederían los costos iniciales de inversión y los costos de mantenimiento en menos de 5 años.	Variable ficticia (no = 0, sí = 1)	0	27	50
				1	27	50
	Q(3)	Teniendo en cuenta otras alternativas, el mantenimiento (en términos de tiempo, dinero, mano de obra calificada, etc) de la tecnología propuesta es:	Bajo = -1; Medio = 0; Alto = 1	-1	16	29.63
				0	14	25.93
Aceptación social	Q(4a)	La población local que vivirán cerca de la instalación	de 1 (muy baja) al 5 (muy alta)	1	1	1.85
				2	4	7.41
				3	24	44.44
				4	9	16.67
				5	16	29.63
	Q(4b)	Las personas que se ganan la vida en las aguas circundantes.	de 1 (muy baja) al 5 (muy alta)	2	2	3.7
				3	22	40.74
				4	9	16.67
				5	21	38.89
	Q(4c)	los organismos administrativos locales	de 1 (muy baja) al 5 (muy alta)	2	3	5.56
				3	17	31.48
				4	18	33.33
				5	16	29.63
	Q(4d)	Gobierno nacional	de 1 (muy baja) al 5 (muy alta)	2	1	1.85
				3	12	22.22
				4	24	44.44
				5	17	31.48

	Q(4e)	Gobierno europeo	de 1 (muy baja) al 5 (muy alta)	2	1	1.85
				3	11	20.37
				4	20	37.04
				5	22	40.74
Tiempo implementación	Q(5)	Una vez que se ha tomado la decisión de aplicar este tipo de tecnología, el tiempo (en años) para implementar plenamente la tecnología es de aproximadamente:	<2 años = -1; 2 años = 0; >2 años = 1	-1	16	29.63
				0	19	35.19
				1	23	42.59
Riesgo	Q(6)	La aplicación de esta tecnología pueda deparar un riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente:	Variable ficticia (no = 0, sí = 1)	0	50	92.59
				1	4	7.41
Espacio	Q(7)	Teniendo en cuenta otras alternativas, la aplicación de la tecnología podría ser considerada en términos de utilización del espacio:	Eficiencia baja = -1; Eficiencia media = 0; Eficiencia alto = 1	-1	3	5.56
				0	19	35.19
				1	32	59.26
Cumplimiento de la DMA	Q(8)	Teniendo en cuenta el nivel actual de aplicación, y las características inherentes de la tecnología, yo recomendaría su aplicación con el fin de cumplir con los objetivos de la DMA:	Antes de 2015 = 0; Después de 2015 = 1	0	31	57.41
				1	23	42.59

Fuente: Elaboración propia

2.2 Análisis

A partir de un análisis clúster se obtuvo una clasificación empírica de las diferentes tipologías de jardín que se dan en las urbanizaciones de esta área de estudio. Para ello se combinaron los dos métodos tradicionales de aglomeración (jerárquicos y no jerárquicos) para aprovechar los beneficios teóricos de cada uno de ellos. En primer lugar se utilizó el método de obtención de conglomerados jerárquicos de Ward para establecer el número de conglomerados (4 como solución óptima) y los perfiles de los centros de los conglomerados. Estos fueron utilizados como puntos de semilla iniciales de los conglomerados para obtener resultados menos sesgados utilizando el método no jerárquico *k-means*. Las variables utilizadas para llevar a cabo este análisis son las obtenidas de cada una de las respuestas de las preguntas Q(1), Q(2), Q(3), Q(4), Q(5), Q(6), Q(7) y Q(8). La única excepción fue las escalas Q(1b) y Q(1d) relativas a los impactos y presiones hidromorfológicas y alteración de los hábitats, y de las especies invasoras respectivamente, debido principalmente a ser temáticas escasamente tratadas en el proyecto SANITAS.

Tabla 2.2.1. Resultado de los grupos obtenidos del análisis clúster

Grupos	Frecuencia	Porcentaje (%)
1	4	7.41
2	19	35.19
3	18	33.33
4	13	24.07
Total	54	100

Fuente: Elaboración propia

Para identificar variables subyacentes o factores que pudiesen explicar la configuración de las correlaciones dentro de este conjunto de variables observadas se aplicó previamente un análisis factorial (Hair et al., 1999). Al final del proceso, del conjunto de 6 variables originales se extrajeron 5 factores que explicaban aproximadamente un 75,81% de la varianza². Sólo se tomaron aquellos factores con un autovalor superior a 1. Estos mismos

² El valor obtenido por el test de KMO es 0.56. A partir de 0,5 se considera que es buena la adecuación muestral para un análisis factorial. La prueba de esfericidad de Bartlett pone a prueba la hipótesis de que la matriz de correlación de los datos es una matriz de identidad, cosa que indican que las variables no están relacionadas, y por lo tanto, el análisis factorial es

factores fueron utilizados posteriormente para obtener los 4 conglomerados resultantes de aplicar la metodología de aglomeración comentada anteriormente (tabla 2.2.1).

3. Resultados y discusión

3.1. Selección de innovaciones tecnológicas

La tabla 3.1.1 muestra el conjunto de innovaciones tecnológicas que fueron propuestas por los participantes y recogidas en las audio-presentaciones. Aunque de esta información se podría destacar muchos aspectos, se observa, por ejemplo, la presencia de un gran número de tecnologías tanto intensivas para el tratamiento de las aguas (Bioreactores de membranas, digestión anaeróbica, contactores biológicos rotativos, etc.) como extensiva (humedales artificiales, descentralización de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR), etc.). También cabría destacar un conjunto de tecnologías orientadas al ahorro de agua en el hogar (lavabos sin agua, contadores inteligentes, sistemas de recolección de aguas pluviales, etc.), u otras para la mejora del control y gestión de los sistemas urbanos del agua (control integrado de sistemas urbanos del agua (SUA), seguimiento y control remoto de EDARs, etc.).

Tabla 3.1.1. Innovaciones tecnológicas propuestas por los participantes (en inglés).

Grupo	Innovaciones tecnológicas
1	Laccase coupled nanoparticles; Acoustic wave/ultrasonic technology treatment; Arad's UAV; TALR system.
2	Sludge Composting Plants with Gas Scrubbing for Recovery of Ammonium Sulphate, Variable Speed Drives for the Control of Influent Flow Pumping in WWTPs, \pm water; Aquatron; Water Pinch Analysis, Model based design of WWTP; Has-Ham system; Microbial fuel cells as sensors; Immission-based control; Vacuum toilet; Ionic Liquids for Metal Recovery; Aqua-Guard; Domestic Rainfall Harvesting Systems; Partial nitrification-anammox to remove N from WWTP; Integration of receiving water; Smart water meters; Smart Water Grids; Anaerobic Digestion; Remote monitoring and control of WWTPs.
3	Powdered activated carbon; Online monitoring probes for sewer management; Flushing valves in sewers; Screening systems; Bioadsorbents; Waterless toilette; Inject Fertilizer; Denitrification Biofilters; Integrated Fixed film-Activated Sludge technology; Activated Sludge Process; Drip Irrigation; Trickling Filters; Stormwater filters; Rotating Biological Contactors, Advanced Oxidation Processes; Membrane Bioreactors; Permeable pavements; Post-treatment with Algae Biofilms.
4	Electron beam; Constructed wetlands; Reverse Osmosis for Wastewater Reuse Stream separation toilets; Rainmain Smartfit; Green roofs; Salinity gradient power; Decentralized WWTP; Algae production in WWTP; Microbial fuel cells as energy source and wastewater treatment; Climate & population projections; Maximum use of resources (Up-concentration technology); Integrated control of UWS.

Fuente: Elaboración propia

inadecuado para la detección de la estructura. En nuestro análisis la significación es perfecta, ya que $p\text{-valor} < 0,001$ (Pallant, 2007).

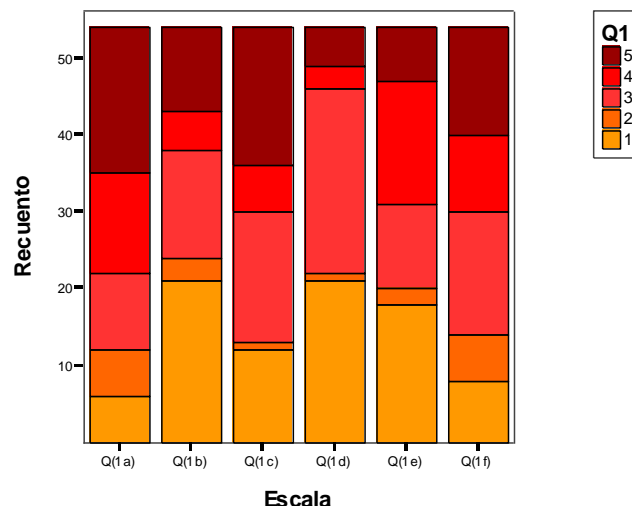


Figura 3.1.1. Distribución de las puntuaciones de las diferentes escalas incluidas en la pregunta n°1 sobre la valoración de como la tecnología afectaba sobre presiones e impactos que afectan el estado ecológico de todas las aguas.

Fuente: Elaboración propia

La figura 3.1.1, muestra la distribución de las puntuaciones de las diferentes escalas incluidas en la pregunta Q(1). En esta se observa que un 59% de los participantes están de acuerdo, o muy de acuerdo que, dicha tecnología serviría para paliar las presiones e impactos debido a la contaminación de las aguas. También cabe destacar que el 44% de los participantes están de acuerdo, o muy de acuerdo que, dicha tecnología serviría para solventar los problemas derivados de la explotación de los recursos de agua. El 43% de los participantes, presenta la misma actitud respecto a si su tecnología podría paliar los efectos negativos del cambio climático. Las presiones hidromorfológicas y alteración de los hábitats (45%), y El impacto de las especies invasoras en el ecosistema (41%), fueron las presiones e impactos menos considerados a la hora de escoger una tecnología para cumplir con los objetivos de la DMA según los participantes. Estos resultados podrían explicarse por diferentes razones. Primero, la mayoría de los participantes son ingenieros, de ahí su predilección por las tecnologías intensivas para el tratamiento de las aguas. No es la primera vez que se observa que un conocimiento profundo sobre una temática o una problemática ambiental concreta, genera unas actitudes y comportamientos positivos a actuar en la dirección de dicho conocimiento (Syme et al., 2000). No obstante, resulta relevante comentar que el cambio climático, y por consiguiente, el impacto asociado sobre los ecosistemas y recursos hídricos, estaba también muy presente en el momento de la selección. Este resultado muestra el nivel de comprensión de los participantes de la vinculación de cada elemento del sistema urbano con las causas que exacerbar el cambio climático. Se destaca también la baja representatividad de tecnologías claramente orientadas a paliar el impacto de las especies invasoras en el ecosistema, y las presiones hidromorfológicas y alteración de los hábitats, siendo esta última, una de las presiones más frecuentes en las masas de agua de las que se tiene información en la UE, sobre todo en los ríos (más del 40%) (EEA, 2012), siendo así una de las causas más limitantes para alcanzar el «buen estado» de las aguas. De hecho, durante la sesión de discusión de los resultados, algunos participantes argumentaron resumidamente que “*no existían avances tecnológicos en el campo de la resolución de este tipo de impactos*”. Este argumento podría ser rebatido, por ejemplo, con tecnologías como rampas o ascensores para peces en diques y presas, que mejoraría la conectividad, y por lo tanto, para detener la pérdida de biodiversidad (San Vicente, 2011). Respecto al riesgo de inundación, y a la consiguiente necesidad de canalizar los ríos disminuir su incidencia, otras innovaciones, como la implementación del

low impact development (EPA, 2013), podrían resultar herramientas muy útiles para disipar tales riesgos, y por lo tanto, descartar agresivas intervenciones en el cauce de nuestros ríos. No obstante, tal y como señala Bernauer (2002), la solución más efectiva de este tipo de problemáticas, pasa por una reforma y mejora en la gobernanza en la gestión y planificación del agua, y por lo tanto, esta responsabilidad recae en el ámbito de las ciencias sociales, y no en el científico-técnico.

3.2. Tipologías de innovaciones tecnológicas

Con la finalidad de comprender las diferencias entre las innovaciones tecnológicas propuestas, la tabla 3.2.1 muestra la media aritmética codificada de cada de las preguntas utilizadas en el procesos de obtención de los grupos, respecto a los grupos obtenidos de la aplicación del análisis clúster.

Tabla 3.2.1. Características particulares de cada uno de los grupos resultantes del análisis clúster.

Código	Q(1a)	Q(1c)	Q(1e)	Q(1f)	Q(2)	Q(3)	Q(4a)	Q(4b)	Q(4c)	Q(4d)	Q(4e)	Q(5)	Q(6)	Q(7)	Q(8)
Grupos	1	■ ■ □	■ ■ □	□	■ □	● ● ○	□ □ □	■ □	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ □	■	● ● ●	□ □ □	● ● ●
	2	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ □	● ● ●	□	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ □	□ □ □	○	□ □ □	○
	3	■ ■ ■	■ □	□	■ □	● ○	□ □ □	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	□ □	○	□ □ □	● ○
	4	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ □	○	□ □ □	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ □	■ ■ ■	□	○	□ □

Nota:

■ ■ ■ = 4 – 5	● ● ● = 0,75 – 1	□ □ □ = 0,5 – 1
■ ■ □ = 3 – 4	● ● ○ = 0,50 – 0,75	□ □ □ = 0 – 0,5
■ □ = 2 – 3	● ○ = 0,25 – 0,50	□ □ = 0 – - 0,5
□ = 1 – 2	○ = 0 – 0,25	■ = - 0,5 – -1

Fuente: Elaboración propia

Estas diferentes características han servido para caracterizar cada uno de los 4 grupos resultantes, descritos a continuación:

- Grupo 1, Tecnologías con riesgo ambiental (n = 4): Son tecnologías que se destacan sobre todo por no contribuir demasiado al cambio climático, siendo también las que menos centradas están en paliar los impactos de la explotación del recurso. Podrían tener elevados costes de mantenimiento, y baja popularidad para la población local. También un largo tiempo de implementación. Además, este grupo de tecnologías se destaca sobre todo por poder representar un riesgo para la población o el medio ambiente.
- Grupo 2, Tecnologías de implementación rápida y económica: Se clasifican en este grupo tecnologías que sí que contribuyen a paliar el cambio climático y los impactos de la explotación del recurso agua. Se destacan sobre todo por ser probablemente económicamente más viables, y tener un bajo coste de mantenimiento. Además, podrían tener un tiempo de implementación menor que el resto de tecnologías, motivos por los cuales muchos de los participantes han considerado estas tecnologías como las podrían ser implementadas antes del 2015.
- Grupo 3, Tecnologías con elevada aceptación social: Además de ser, también en este caso, tecnologías que se destacan sobre todo por no contribuir demasiado al cambio climático, muestran ser las que menos centradas están en paliar los impactos de la explotación del recurso, y sí en los problemas de contaminación. El factor más

representativo de este tipo de tecnologías, según el criterio de los participantes, es su elevada aceptación social respecto a la aplicación de estas tecnologías, tanto a nivel de la población local, como a nivel institucional.

- Grupo 4, Tecnologías de implantación económicamente menos viable: Al igual que el grupo 2, este grupo de tecnologías se caracteriza por querer paliar el cambio climático y los impactos de la explotación del recurso agua. Podrían resultar el conjunto económicamente menos viable. Este hecho, podría estar también relacionado con ser el grupo que podría mostrar menor eficiencia en términos de uso del espacio. Además, los participantes han considerado este grupo el que sería probablemente más apropiado de implementar después del 2015.

4. Conclusiones

El objetivo principal de este ejercicio era, dentro del marco educativo y práctico del Paquetes de Trabajo 4 y del proyecto SANITAS, acercar a sus integrantes a las incertidumbres que un gestor o institución involucrada en la toma de decisiones en una cuenca o sistema urbano, se enfrenta a la hora de implementar innovaciones tecnológica con el fin de alcanzar los objetivos marcados en la DMA. Mediante la elaboración de este ejercicio, otro de los objetivos era averiguar cuáles son las principales aportaciones tecnológicas necesarias para la aplicación de la DMA y cómo puede el desarrollo de la tecnología cumplir con los objetivos marcados. La respuesta de ¿cómo?, se ha basado en este caso en las presiones e impactos que afectan el estado ecológico de todas las aguas, extraídos del informe “*European waters — assessment of status and pressures*” (EEA, 2012). Respecto a las principales aportaciones tecnológicas necesarias para la aplicación de la DMA, en este caso, la recolección de tecnologías según los criterios marcados (54 en total), los cuestionarios llevados a cabo, y el proceso de clasificación, han llevado a un conjunto de resultados que bien podrían responder dicha cuestión. Este estudio encontró 4 tipologías principales de innovación tecnológica en función de las características exploradas. Estos grupos son, tecnologías con riesgo ambiental (grupo 1), tecnologías de implementación rápida y económica (grupo 2), tecnologías con elevada aceptación social (grupo 3), y finalmente, tecnologías de implantación económicamente menos viable (grupo 4).

Aunque el tratamiento estadístico de los datos ha sido muy riguroso, se podría concluir lo contrario por lo que respeta al proceso muestral y de recolección de datos. Una fuente clara de error muestral es la existencia de casos duplicados para un mismo individuo (13 individuos y 54 tecnologías). Respecto a la composición y estructura de las encuestas, estas fueron solo ligeramente contrastadas por el autor y algún miembro del proyecto. La capacidad de almacenar toda la variabilidad de las innovaciones tecnológicas en un conjunto de 8 preguntas resulta prácticamente imposible. Todas estas consideraciones deben tenerse en cuenta si se quiere hacer servir estos resultados. Una posible solución resultaría la elaboración de *focus group* con diferentes expertos en el campo de la tecnología para el agua urbana, con el objetivo de consensuar el contenido de las preguntas, mejorando su validez (Morgan, 1996).

De hecho, este estudio resalta la necesidad de crear puentes entre los focos de innovación científica y tecnológica, como es el mundo académico, las empresas del sector del agua (desarrollen o no proyectos de I+D), y las administraciones responsables de la gestión y planificación del agua. Una manera sería la creación e implementación de un sistema de estandarización de diferentes innovaciones tecnológicas en función de las presiones e impactos a las que se quiera dar respuesta, además de los criterios más relevantes durante la

toma de decisión de su implementación por parte del gestor. Dichos estándares deberían ser discutidos, analizados, mejorado, y en última instancia adoptados como normas mutuamente aceptables. Los resultados fortalecerían la integración entre las fuentes de innovación y las funciones de gestión del agua (ingenieros, proyectista, gestores, etc.) (Grigg, 2008). Estos podrían ser implementados en un sistema de soporte a decisiones (ver por ejemplo Poch et al., 2004) para los sistemas urbanos del agua, y dentro del marco de la DMA y de los países sujetos a ésta. Esta información podría también encajar en el uso de los sistemas de etiquetado y certificación (EC, 2011).

5. Bibliografía

- Bernauer, T. (2002): “Explaining success and failure in international river management”, *Aquatic Sciences*, vol. 64, n° 1, 1-19.
- EEA - European Environmental Agency (2012): European waters — assessment of status and pressures. Report Number No 8/2012, <http://www.eea.europa.eu/publications/european-waters-assessment-2012>, consultado el 15 febrero 2013.
- EC - European Commission (2012): A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources, <http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/>, consultado el 15 mayo 2013.
- EC - European Commission (2011): Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM (2011) 571 final, ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/com2011_571.pdf, consultado el 01 mayo 2013.
- EC - European Commission. (2010a): Europe 2020 Flagship initiative innovation union. COM (2010), 546, http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm, consultado el 10 mayo 2013.
- EC - European Commission. (2010b). Europe 2020: a strategy for smart, sustainable and inclusive growth: communication from the Commission, ec.europa.eu/europe2020/, consultado el 10 agosto 2013.
- EPA - US Environmental Protection Agency (2013). Water: Low Impact Development, <http://water.epa.gov/polwaste/green/>, consultado el 20 octubre 2013.
- Grigg, N. S. (2008): “Integrated water resources management: balancing views and improving practice”, *Water International*, vol. 33, n° 3, 279-292.
- Hair, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tatham, y W.C. Black (1999). *Análisis multivariante* (3ª ed.). Prentice Hall, Madrid.
- Morgan, D. L. (1996): “Focus groups. Annual review of sociology”, vol. 22, 129-152.
- Pallant, J. (2007). *SPSS survival manual: a step by step guide to data analysis using SPSS for Windows* (1a ed.). McGraw Hill, New York.
- Poch, M., J. Comas, I. Rodriguez-Roda, M. Sanchez-Marre, y U. Cortés (2004): “Designing and building real environmental decision support systems”, *Environmental Modelling & Software*, vol. 19, n° 9, 857-873.
- San Vicente, M. G. (2011): “La gestión de la conectividad ecológica del territorio en España: iniciativas y retos”, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, vol. 56, 225-244.
- Syme, G. J., B. E., Nancarrow y C. Seligman, (2000): “The evaluation of information campaigns to promote voluntary household water conservation”, *Evaluation Review*, vol. 24, n° 6, 539-578.