

## ¿Hacia un índice sostenibilidad del agua? FACTORES QUE AFECTAN A LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA

por Manuel Hernández, Director del Centro Canario del Agua

Los índices o indicadores, se perciben generalmente como una cifra o letra que da idea de lo bien o mal que está una situación. Sin embargo, en el tema de sostenibilidad, y más concretamente en el tema de sostenibilidad del agua, la creación de un índice que integre todos los factores que afectan o pueden afectar a la disponibilidad del agua no es tarea sencilla.

Existen diferentes indicadores para definir el estado de los recursos hídricos como son el balance hidrológico, los consumos per cápita, la sensibilidad a la lluvia, etc.[1], pero no se dispone de un indicador que ofrezca una visión integral del tema del agua.

Revisando la literatura específica sobre indicadores integrales (o séase que aúnan diferentes indicadores específicos) encontramos varios trabajos vinculados especialmente al tema de la sostenibilidad medioambiental [1,2]. Entre ellos destaca el de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) que propone para sus evaluaciones la interrelación Estímulo-Presión-Estado-Impacto-Respuesta. Entendiendo, que el estímulo (que suele ser de índole económico) genera una presión sobre los recursos, lo que afecta a su estado y genera un impacto como contaminación, sobreexplotación, etc. La respuesta al impacto se define como la reacción social (investigación, infraestructuras, programas de protección, etc.). Otro enfoque útil es el llamado "Environmental Performance Index" (EPI) [3]. El EPI valora no sólo los aspectos medioambientales, sino que también los aspectos económicos y la capacidad de respuesta social.

Los indicadores tienen casi siempre un cierto carácter subjetivo y aún estableciendo escalas numéricas o estándares de calidad, hay cierta dificultad en que sean un reflejo aplicable a entornos y circunstancias diferentes. A título de ejemplo véanse los problemas con la norma de calidad de los ríos en Europa, que utiliza el mismo criterio para países fríos y muy industrializados que para países cálidos y poco industrializados [4].

Aún con estas limitaciones, no cabe la menor duda de que la utilización de indicadores se ha impuesto en todos sectores sociales y económicos, puesto que ofrecen un orden de medida, más o menos aproximado, y permiten hacer intercomparaciones en el tiempo y en el espacio.

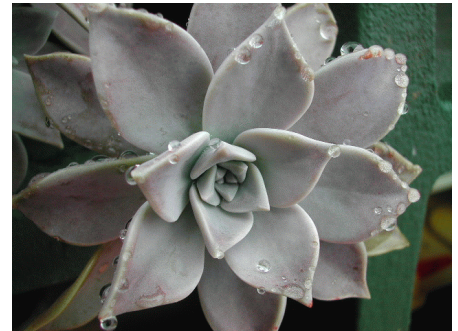
En línea con los criterios utilizados por la EEA e inspirado en la configuración del EPI mencionado anteriormente, se ha diseñado un índice de sostenibilidad del agua que integra, por un lado, la fuerza del estímulo económico y por otro, la

situación medioambiental y la respuesta social. Este indicador tiene también en cuenta que en zonas costeras la demanda ha encontrado una respuesta en las infraestructuras de desalación, generándose con ello un nuevo escenario que no tiene las mismas limitaciones que antes [5].

En este artículo se resumen los criterios utilizados para el diseño de este índice de sostenibilidad del agua (ISA) y se describen brevemente algunos de los resultados obtenidos. El ISA propuesto está formado por 13 indicadores principales (IP's) y 92 indicadores secundarios (IS's). Cada uno con su ponderación correspondiente, tal y como que se explica más adelante.

A continuación se describen brevemente los contenidos de los 13 IP:

**IP1. Aspectos económicos:** Se postula que la ambición de riqueza estimula la inversión y el trabajo. Por ello este IP incluye el valor añadido que ofrecen los distintos tipos de actividad económica: agrícola, turística o industrial, así como la importancia relativa de cada una de estas actividades



en el momento del análisis. El precio del agua también estimula o dificulta el desarrollo de la actividad productiva y generalmente varía según el sector productivo. Por último, este IP tiene en cuenta la inversión pública o privada en temas de aguas, y pondera, la importancia relativa de cada uno de estos tipos de inversión según las épocas y las zonas de estudio.

**IP2. La calidad del agua:** Limita el desarrollo y afecta a los consumos. Por tanto, este IP considera que cada actividad (regadío, abastecimiento o producción industrial) tiene sus propias limitaciones de calidad. La importancia relativa de cada una de estas actividades pondera la puntuación concedida.

**IP3. La cantidad de agua:** Cada sector tiene una demanda mínima para cubrir sus necesidades y para trabajar con comodidad. Este IP establece límites relativamente conocidos para los consumos urbanos y agrícolas. Para el sector industrial se tiene en cuenta el tipo de actividad de la zona de estudio.

**IP4. Aprovechamiento de los recursos naturales:** La explotación adecuada de las aguas subterráneas o de las de escorrentía forma parte de este IP. Los niveles de sobre-explotación o de adecuado aprovechamiento son ponderados según la importancia del recurso correspondiente en el entorno y época estudiada.

**IP5. Riesgo de suministro de agua:** La seguridad o garantía en el suministro en caso de sequías, accidentes, deterioro de los recursos naturales, agotamiento de las reservas, o colmatación de embalses forman parte de este IP. Cada uno de estos riesgos tiene distinto peso según las probabilidades de ocurrir y el grado de afección.

**IP6. Contaminación de las aguas:** En este IP se valora el impacto medioambiental de la actividad humana. Es ponderado según el riesgo directo o indirecto que suponga para el abastecimiento de la población o para la realización de cualquier actividad.

**IP7. Protección y conservación:** Se valora en este IP los programas o actuaciones de protección y conservación de los recursos superficiales y subterráneos ante el impacto de la actividad humana. El valor de estas actuaciones tiene mayor peso cuanto mayor es el posible riesgo para el suministro o para el medio ambiente.

**IP8. Infraestructuras de abastecimiento:** Es un IP fundamental, sobre todo en las zonas urbanas. Valora la existencia y el estado de las redes de conducción en alta y en baja, los sistemas de almacenamiento y la situación de las infraestructuras para la obtención de aguas como son pozos, galerías y desaladoras.

**IP9. Infraestructuras de aguas residuales:** Se realiza con este IP una valoración de los sistemas de saneamiento y depuración, y de los emisarios submarinos. Su situación se pondera según el riesgo que exista para la salud humana y el medio ambiente.



**IP10. Eficiencia en el uso del agua:** La existencia de contadores, dispositivos de ahorro, riego por goteo, así como la reutilización de aguas forman parte de este IP. La puntuación se pondera según el consumo relativo de cada sector productivo.

**IP11. Consumos y ahorro de energía:** Este IP valora los consumos de energía en el sector del agua y la utilización de energías renovables, así como los incentivos económicos que existen para ahorrar agua (por ejemplo tarificación).

**IP12. Educación e investigación:** Este IP considera que la formación de escolares y técnicos, y la financiación de la investigación mejoran la capacidad de reacción y la respuesta social garantizando el suministro a largo plazo. La puntuación de la inversión en formación e I+D se ponderan según la renta per cápita.

**IP13. Capacidad institucional y social:** Este IP considera que la capacidad técnica y política de la administración afecta a la redacción e implementación de normas de protección del agua. También se valora la existencia de planes hidrológicos ya que se considera que facilitan la consecución ordenada de objetivos. La capacidad técnica y empresarial del sector privado también recibe su consideración en este IP, como parte de la capacidad social.

**CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DEL AGUA (ISA):** Cada uno de los 13 indicadores principales (IP's) enumerados anteriormente, está compuesto por una serie de indicadores secundarios (IS's) que valoran, en particular, los aspectos mencionados en cada uno de los IP.

La puntuación de cada IS se pondera según las circunstancias y consideraciones del entorno en el momento del análisis. La puntuación de los IS's se ha hecho según una escala que va de -2 a +2. El factor de ponderación varía entre 0 y 3. El valor de cada IS se calcula multiplicando la puntuación por su correspondiente factor de ponderación. En total se han calculado 92 IS's distribuidos entre los 13 IP's.

Dado que cada IP está formado por un número diferente de IS's es necesario también una ponderación de los IP. Esta ponderación oscila entre 10 y 5 (ver Tabla 1).

El ISA se obtiene sumando todos IP's (ya ponderados).

**RESULTADOS:** Se ha aplicado el ISA a cada una de las 7 islas principales del archipiélago canario. Para valorar la respuesta en el tiempo se ha hecho un cálculo para las condiciones en 1950 y en 2003. Los datos proceden de diferentes fuentes [6, 7, y 8], así como de estimaciones del autor. Los resultados aparecen resumidos en la Tabla 1.

**DISCUSIÓN:** Durante los cálculos del ISA se ha podido constatar que la escala -2 a +2 no es suficientemente sensible por lo que a veces se producen alteraciones del ISA con solo pequeños cambios en el criterio de valoración. Este problema puede quedar corregido utilizando una escala que sea entre -3 y +3. Si fuera necesario, y para mayor sensibilidad, se podría ampliar también la escala del factor de ponderación de los IS's entre 0 y 4, en lugar de entre 0 y 3. La ponderación propuesta para los IP's (incluida en la Tabla 1) parece adecuada, aunque puede ser discutible.

En relación con los resultados obtenidos, el ISA valora adecuadamente las distintas condiciones que se daban en el archipiélago en los años cincuenta. En el 2003, el ISA adquiere valores negativos principalmente por un empeoramiento de la calidad de las aguas, la contaminación o el déficit en

infraestructuras de saneamiento. También hay un efecto negativo importante en el tema del consumo y ahorro de energía por la presencia de las desaladoras. En este sentido cabrían de esperar índices aún muy negativos en la mayoría de las islas si no existiera la desalación.

En cualquier caso, el ISA es un valor guía para medir la sostenibilidad del agua que permite una visión rápida y precisa de la situación del entorno y de las perspectivas de futuro, cuestión que puede ser de utilidad a la hora de valorar diferentes situaciones y proponer objetivos.

**Tabla 1: Índice General del Agua (IGA) para las 7 islas principales del archipiélago canario.**

Isla-año	Ponderación	LZ-1950	FU-1950	GC-1950	TF-1950	GO-1950	HI-1950	LP-1950
Economía del agua	10	-4	-4	8	10	2	1	16
Calidad del agua	10	-7	-6	7	10	0	0	10
Cantidad de agua	10	-15	-6	8	18	8	-15	15
Aprovechamiento de los recursos naturales	8	8	-1	-14	0	6	0	16
Riesgos de suministro de agua	8	-6	-8	-2	0	7	0	7
Contaminación	8	16	10	12	24	20	2	12
Protección y conservación	5	7	1	-4	1	1	-1	-2
Infraestructuras de abastecimiento	10	-20	-12	-15	-17	-5	-10	-10
Infraestructuras de aguas residuales	5	-10	0	-12	-20	-10	-7	-10
Eficiencia en el uso del agua	5	5	0	-16	-13	-16	-12	-14
Consumo y ahorro de energía	8	8	0	10	10	8	12	10
Educación e investigación	5	-9	-4	-9	-9	-8	-3	-9
Capacidad institucional y social	8	-8	-3	0	3	-3	-5	-8
<b>Índice Sostenibilidad del Agua (ISA)</b>		<b>-35</b>	<b>-33</b>	<b>-27</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>-38</b>	<b>33</b>

Isla-año	Ponderación	LZ-2003	FU-2003	GC-2003	TF-2003	GO-2003	HI-2003	LP-2003
Economía del agua	10	5	7	4	7	9	0	9
Calidad del agua	10	-3	-3	-10	-13	0	-13	7
Cantidad de agua	10	5	3	-5	-8	-10	-10	5
Aprovechamiento de los recursos naturales	8	-2	0	-4	-6	-10	-10	5
Riesgos de suministro de agua	8	-7	-6	1	0	-1	-1	3
Contaminación	8	-4	-6	-12	-6	10	4	4
Protección y conservación	5	-2	-5	-4	-4	1	6	-1
Infraestructuras de abastecimiento	10	7	10	18	7	2	15	-3
Infraestructuras de aguas residuales	5	7	-3	-2	-12	-13	-3	-3
Eficiencia en el uso del agua	5	4	5	14	7	4	6	-7
Consumo y ahorro de energía	8	-14	-12	-16	6	2	-12	2
Educación e investigación	5	-5	-6	3	3	-8	-1	-8
Capacidad institucional y social	8	-1	3	5	8	-1	3	-3
<b>Índice Sostenibilidad del Agua (ISA)</b>		<b>-10</b>	<b>-13</b>	<b>-8</b>	<b>-11</b>	<b>-15</b>	<b>-16</b>	<b>10</b>

#### Referencias:

- [1] EU Commission. WaterStrategyMan Program. Deliverable 7. November 2002. Report Nr: EVK1-CT-2001-00098.
- [2] Hernández, M. On water sustainability in the Canary Islands. (2004). Disponible en [www.fcca.es](http://www.fcca.es).
- [3] Pilot Environmental Performance Index (2002). Disponible en <http://www.ciensin.columbia.edu/indicator/ESI>
- [4] Ministerio de Medio Ambiente, DG de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Directivas europeas sobre calidad de las aguas. Manual de interpretación y elaboración de informes (1998).
- [5] Hernández M. Cara y Cruz de la desalación. El Manantial, marzo 2002. Centro Canario del Agua. Disponible en [www.fcca.es](http://www.fcca.es)
- [6] Spa-15. Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias. MOPU, Dirección General de Obras Hidráulicas (1975).
- [7] Mac-21. Proyecto de planificación y explotación de los recursos de agua de las Islas Canarias. MOPU, DGOH (1980)
- [8] Hernández M. and Alsina E. Documento de trabajo del PHR. Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias (2002).

### Técnicas y métodos para la gestión sostenible del agua en la Macaronesia COLABORACIÓN EN UN PROYECTO DE INTERREG-III-B

El Centro Canario del Agua participa junto con el Consejo Insular de Aguas de Lanzarote, la Mancomunidad del Norte de Tenerife y el Instituto Tecnológico de Canarias (jefe del proyecto) en el proyecto europeo Aquamac. El objetivo es profundizar en el conocimiento de los recursos

disponibles y divulgar prácticas de gestión modernas del ciclo del agua, que faciliten la implementación de la Directiva Marco 2000/60/CE de Aguas. De forma específica, las tareas en las que interviene el Centro están relacionadas con el estudio y demostración de sistemas de control de fugas, y de telegestión y telemando en redes de abastecimiento. También se realizan trabajos de divulgación sobre posibles formas de tarificación de las aguas de abastecimiento. Más información en [www.itccanarias.org/aquamac](http://www.itccanarias.org/aquamac).



## Tuberías especiales para emisarios submarinos y perforación dirigida horizontal **NUEVOS PRODUCTOS EN EL MERCADO**

La empresa Construtec ([www.construtec.es](http://www.construtec.es)) amplía su catálogo con una nueva gama de tuberías especiales para emisarios submarinos. Los nuevos modelos son: *Modelo: AM EN 598*: Tubería para transporte de agua de mar en colectores terrestres. Tiene las características de la tubería de saneamiento, pero con un espesor mínimo de cemento aluminoso de 6 mm. El doble del de la norma. *Modelo: AM R EN 598*: Tubería de iguales características que la anterior para transporte de agua de mar, pero instalada en colectores terrestres con suelos agresivos. En este caso, el tubo va recubierto con mortero de cemento exterior. *Modelo: AM PHD*: Tubería especial para emisarios submarinos. Pensada para agua de mar interior y exterior, con capacidad de ser aplicada con la tecnología de Perforación Dirigida Horizontal en zonas de rompimiento del emisario, debido al mortero especial exterior y sistema de cerrojo BLS. Esta solución hace menos agresiva la actuación y permite una protección medioambiental en la zona de costa donde debe ejecutarse el emisario submarino.

## Más I+D sobre los tratamientos terciarios **COMPARATIVO ENTRE LA ULTRA Y LA MICROFILTRACIÓN**

Cada vez son más los trabajos que analizan el comportamiento de las membranas de ultra (UF) y microfiltración (MF) para el pretratamiento de plantas de ósmosis inversa. Recientemente un importante trabajo realizado en Singapur [1], con tomas directas de agua de mar, describe como los aceites y grasas traspasan este tipo de membranas y también como después de los tratamientos de UF (0,01µm) y MF (0,1µm) el SDI (índice de ensuciamiento de las membranas) permanecía alrededor de 3. Inspirado en este trabajo se ha diseñado un pequeño proyecto de investigación para comparar los filtrados de distintos equipos de filtración existentes en Canarias: Norit (UF), Zenon (UF), Huber (UF) y Memcor (MF). Consiste en analizar los porcentajes de reducción de SDI, turbidez, sólidos en suspensión, aceites y grasas y bacterias. Las plantas se encuentran en funcionamiento desde hace algún tiempo, por lo que es de esperar que los resultados sean reflejo del rendimiento real de los equipos. El trabajo se está realizando en el marco de colaboración con el curso Aquatic Ecotechnology de la Academia Hogeschool Zeeland (Holanda).

[1] Chua et. al, Pretreatment of seawater: Results of pilot trials in Singapore, Desalination 159 (2003) 225-243.

## Primera instalación comercial en España **APOYO OFICIAL PARA LA REMINERALIZACION CON LECHOS DE CALCITA**

El Ministerio de Medio Ambiente ha adquirido para su instalación en la planta desaladora por ósmosis inversa de la isla de Formentera (3.000 m<sup>3</sup>/d) un sistema de remineralización basado en lechos de calcita diseñados por el Centro Canario del Agua. El interés puesto por D. Miguel Torres del CEDEX, en que fuera este tipo de diseño, ha sido decisivo para la colocación de la que será la primera planta comercial que se instala en España con este nuevo sistema. Aunque hay experiencias piloto para 600 m<sup>3</sup>/día en Gran Canaria y Tenerife, esta es la primera vez que se realiza una instalación comercial de estas dimensiones. Los depósitos remineralizadores han sido contruidos por la empresa CALPLAS de Rentería (País Vasco) bajo la supervisión del Centro Canario del Agua. La desaladora de Formentera está siendo construida por la UTE Ferrovial-Cadagua.



**Depósitos para lechos de calcita**  
[www.fcca.es](http://www.fcca.es)

## Nuevo sistema **MEMBRANAS PLANAS DE UF GIRATORIAS**

Huber (Alemania) y DBOCAN (Canarias), en colaboración con el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria, han realizado durante 4 meses ensayos demostrativos con una planta piloto de 30 m<sup>3</sup>/día con un sistema de membranas planas de ultrafiltración de baja presión para reactores aerobios. La particularidad del sistema de Huber es que las membranas giran dentro del depósito de fangos activados. El giro, ayudado de aire insuflado por la parte inferior ayuda a mantener las membranas limpias. El sistema no requiere contralavados ni dosificación diaria de desinfectantes. Solo limpiezas periódicas cada 6 meses. Los resultados indican que la planta consigue un 99,9% de eliminación de los sólidos en suspensión y una reducción del 96% de la DQO. Paralelamente, se consigue una eliminación media del 68% del fósforo. En los próximos meses la planta piloto pasará a ser instalada en una depuradora en Tenerife. Para más información: Wolfgang Krinner ([wkrinner@huber.es](mailto:wkrinner@huber.es)) y [www.huber.es](http://www.huber.es).