

Entendiendo el ciclo hidrológico: clave para el desarrollo sostenible

por Ángel Luis Aldana Valverde*

Introducción

El término “desarrollo sostenible” se aplica para hacer referencia a un desarrollo económico y social tal que permita hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Este término fue usado en el informe denominado “Brundtland” que fue presentado ante la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1987 por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo. (Véase <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>). Relaciona tres aspectos fundamentales (económicos, sociales y medioambientales) de tal modo que el desarrollo económico, acompañado por evoluciones de la tecnología y la organización social, garantice un cierto nivel de bienestar social compatible con la conservación del medio ambiente. Esto último implica la asunción de que los recursos naturales son finitos (cantidad) y limitados en posibilidades de uso (calidad).

El agua dulce es quizás el recurso máspreciado, pues es seguro el más imprescindible, y su demanda aumenta con la población y con el nivel de desarrollo de esta, a la vez que su calidad puede verse fuertemente afectada por el incremento de población, mientras que la cantidad disponible no aumenta y ya se detecta

insuficiente en muchas áreas del planeta. Haya o no cambio climático que implique una reducción de los recursos hídricos disponibles, lo que agravaría aún más el problema, el ritmo rápidamente creciente de la población impone una previsión pesimista salvo que se produzcan cambios importantes en su uso y gestión.

Lo anterior está relacionado con el agua como recurso natural, pero el agua es también origen de una conocida amenaza que causa enormes daños materiales y pérdidas de vidas humanas: las inundaciones. Las crecidas son un fenómeno natural que convierte en peligrosas ciertas zonas del territorio, lo que se traduce en riesgo para la sociedad cuando estas áreas son ocupadas por la población (exposición a la amenaza) o en ellas se instalan bienes económicos (vulnerabilidad).

En este artículo se van a realizar una serie de reflexiones que pueden relacionarse con el concepto de desarrollo sostenible siguiendo un concepto básico en la hidrología: el ciclo hidrológico.

Breve descripción del ciclo hidrológico

El planeta Tierra está cubierto por un manto de agua salada en la mayor parte de su superficie. Gracias al fenómeno

de la evaporación en los mares, el agua se desprende de las sales disueltas al pasar a estado gaseoso e incorporarse a la atmósfera. Para que esto sea posible, es necesaria una importante cantidad de energía que el Sol provee. Esta agua es transportada por los vientos, pasa a forma líquida o sólida formando nubes y puede llegar a precipitar sobre las áreas continentales del planeta. Gracias a los fenómenos del deshielo y la escorrentía de la precipitación por la superficie terrestre, el agua líquida desciende por el terreno, formando ríos y lagos, y alcanza nuevamente los mares con lo que se cierra el ciclo.

Pero esto no es más que un esquema conceptual simplificado que es, en realidad, mucho más complejo. Hay que considerar el fenómeno de la evaporación de las masas de agua dulce mediante el cual enormes cantidades de ellas pasan nuevamente a fase vapor. Parte del agua en estado líquido (la que cae en forma de lluvia o la que se encuentra en contacto con el terreno en forma de ríos, lagos o coberturas de nieve o hielo) se infiltra en el terreno, saturando partes de este dando lugar a almacenamientos subterráneos que llamamos acuíferos. Pero también esta parte subterránea se mueve y cierta proporción alcanza directamente el mar, mientras que el resto alimenta algún río en su origen o en un tramo intermedio. También hay que considerar otro retorno del agua en su fase líquida directamente a la atmósfera: el que llevan a cabo las plantas a través del proceso conocido como transpiración. Mediante esta acción de

* Ingeniero civil, miembro de la Asociación Internacional de Ingeniería e Investigaciones Hidráulicas (AIH); miembro del Grupo de trabajo de hidrología aplicada de la AIH; director de programa en el Centro de estudios hidrográficos del CEDEX
angel.l.aldana@cedex.es

las masas vegetales, una parte del agua contenida en el terreno se extrae de los flujos terrestres, como también ocurre con la parte de la precipitación que retienen en el follaje.

La calidad y los flujos de agua

La consideración del ciclo hidrológico es también necesaria en lo relacionado con el análisis o la gestión de la calidad del agua, es decir, con su aptitud para su uso por parte del hombre o de las otras formas de vida sobre el planeta. El agua está en contacto con materiales, los arrastra y los transporta en suspensión y tiene una gran capacidad de disolución. Esto hace que el agua cuente con muy diferentes grados de calidad que puede verse afectada por causas naturales o por acción antropogénica. En el fenómeno natural de las crecidas, salvo rara excepción, el líquido tiene una calidad no apta para el consumo humano. Es apropiada para ser consumida por el hombre gracias a la participación de otros procesos naturales como la decantación, la filtración o la acción biológica, los cuales son imitados en las plantas de tratamiento (antes del consumo) o depuración (antes de su reincorporación al medio natural).

El uso del agua (en consumo humano, agricultura, ganadería, industria, minería

u otros) implica una reducción importante de su calidad al incorporarse un tipo u otro de contaminación. El modo en que se reincorpora el agua al medio natural es muy importante para su uso posterior. Si se introduce el atributo calidad en el esquema del ciclo hidrológico, se pueden predecir diversas afecciones que se trasladan de un lugar a otro, en primer lugar siguiendo el sentido de propagación por los cauces, pero también siguiendo las otras posibilidades de flujo. Así, el agua vertida a un río con calidad inapropiada puede contaminar acuíferos o afectar de forma notable a lagos y mares, que también son origen de otros recursos importantes, como la pesca. Pero algunas formas de contaminación del agua pueden ser transportadas por las corrientes marinas o los vientos a lugares muy distantes.

Un equilibrio complejo y sensible a los cambios

Este esquema del ciclo hidrológico lleva asociado un equilibrio complejo del agua existente en el planeta en sus diferentes formas y proporciones. Todo ello es susceptible a variaciones por causas naturales e incluso a cambios inducidos por la acción del hombre. La marcha hacia otra situación de equilibrio (si es que se encuentra actualmente en equilibrio o si dicho equilibrio es posible de forma inde-

finida) puede afectar tanto a la cantidad de agua que participe en el ciclo hidrológico como a la calidad del recurso en sus diferentes formas.

El ciclo hidrológico está muy relacionado con el clima por las especiales propiedades físico-químicas del agua y la importante proporción en que existe (océanos, atmósfera y tierra). El clima no tiene explicación sin la presencia de agua en la atmósfera, sin considerar sus movimientos en los océanos o sin la consideración del ciclo hidrológico. Ahora bien, aunque hay una fuerte interdependencia entre este último y el clima, hay grandes dificultades en la actualidad para cuantificar cada uno de los procesos relacionados.

La acción del hombre, especialmente aquella orientada a regular el agua como recurso, en los usos del mismo, en los usos del suelo o en las obras de laminación que tratan de evitar daños por inundación, produce alteraciones del ciclo hidrológico. Estas modificaciones son cada vez más importantes con el aumento de población y con el nivel de desarrollo de la misma, por lo que precisan su consideración por los cambios en el medio natural que llevan asociadas y por la incertidumbre que encierran de cara al futuro. Los recursos se pueden reducir y los fenómenos extremos, sequías e inundaciones, agravarse.

Fronteras espaciales y escalas temporales

Una de las cuestiones hidrológicas que se detecta poco comprendida entre el público en general es la relacionada con el ámbito espacial de los fenómenos. Uno de los paradigmas actuales, avalado tanto por la razón como por la práctica, es que una buena gestión del recurso hídrico o de las crecidas debe estructurarse sobre el ámbito geográfico de las cuencas naturales, según la partición del espacio que marcan las divisorias orográficas. Esto facilita una visión bastante general de los problemas asociados a la gestión del agua y un mayor acierto en las decisiones. Pero la consideración del ciclo hidrológico aconseja una visión aún



Haya o no cambio climático que implique una reducción de los recursos hídricos disponibles, el ritmo rápidamente creciente de la población impone una previsión pesimista salvo que se produzcan cambios importantes en su uso y gestión

más global. En primer lugar, la consideración de las aguas subterráneas nos lleva a un nuevo conjunto de límites naturales que puede ser independiente de las cuencas hidrográficas (concepto intrínsecamente asociado al atributo superficial) y que habitualmente excede el ámbito geográfico de estas. Pero, además, con base a lo expuesto anteriormente, el fenómeno no puede considerarse aislado en un ámbito planetario.

Los límites geográficos los establecemos para un entendimiento del mundo o para una gestión de los recursos, pero son en realidad inexistentes, lo que es más acusado a horizontes temporales largos.

La otra cuestión poco entendida, incluso por los especialistas pues el estado de la ciencia y la técnica cuenta con limitaciones importantes, está relacionada con las diferentes escalas temporales con que se desarrollan distintos procesos naturales. Esto puede llevar a unas gestiones erróneas sobre todo en plazos largos de tiempo. Así, ante una acción o causa como la lluvia, a menudo observamos respuestas que se manifiestan como incrementos de niveles en cauces en intervalos de horas, e incluso menos, aunque en grandes cuencas este desfase entre causa y consecuencia puede ser de días, semanas o meses. A pesar de ello, a día de hoy se relacionan claramente acciones y respuestas en este tipo de fenómenos. Pero hay otros fenómenos cuya evolución se desarrolla en plazos mucho más largos, como puedan ser algunos relacionados con las aguas subterráneas, con la acumulación de contaminantes o con los transportes de sedimentos. No se trata de una afirmación general, pues hay casos muy distintos, pero cuando se dan aquellos en los que las consecuencias tardan en manifestarse, es cuando la percepción humana puede ser menos consciente de las mismas. Por fortuna, ante estos casos se cuenta con más tiempo de respuesta, corrección o adaptación, pero, por el contrario, también es necesario más tiempo para la acción correctora.

La vigilancia y el estudio de los procesos

Con lo anteriormente expuesto se ha tratado de exponer la complejidad e importancia de lo relacionado con el ciclo hidrológico. Ambos aspectos aconsejan profundizar en el conocimiento de los procesos y subprocesos involucrados para sentar las bases de una gestión racional y sostenible. Pero el conocimiento se basará en estudios y en la observación, es decir, en la vigilancia de todo tipo de fenómeno natural o social relacionado. Con esto se llega a otro aspecto que requiere un aumento de la sensibilidad y que exige una visión nuevamente global que se comenta a continuación.

Actualmente se cuenta con observaciones con registros históricos útiles para el conocimiento en una parte pequeña del planeta, grandes extensiones de tierra no cuentan con medidas que avalen análisis cuantitativos, pero cuanto esté ocurriendo en cualquier parte del planeta puede estar afectando a otras, es decir, no hay independencia entre los problemas del agua de países distintos. Esto da fuerza racional a un planteamiento que cuenta además con una base ética: la solidaridad. Los países más ricos necesitan de las medidas y observaciones de los más pobres para lograr un mejor entendimiento de cuanto ocurre. Y también están interesados en que se haga la mejor gestión posible del recurso agua y de que se reduzcan en lo posible los daños por inundaciones, pues en un mundo cada vez más globalizado los perjuicios pueden propagarse cada vez en mayor grado.

Necesidad de educación, formación y entrenamiento

Una sociedad cada vez más compleja, una gestión de recursos naturales que

cada vez exige mayor rigor y acierto, la necesidad de una visión de futuro en las decisiones y unas políticas que tengan como objetivo que se sigan procesos participativos, implican una base racional, formación de especialistas, entrenamiento de profesionales y educación pública.

La complejidad de los problemas exige, para su solución, profesionales y especialistas con un alto nivel de formación y experiencia. Esto implica no solo capacidades individuales sino también instituciones con la suficiente fortaleza e independencia que garanticen rigor a sus trabajos.

La educación pública, la difusión de información y la transparencia son la base de unas políticas acordes a los fundamentos de los sistemas democráticos. El entendimiento de una realidad compleja por parte de la población hará a esta menos vulnerable a los planteamientos simplistas, a menudo calificados como demagógicos, que tan malas consecuencias acaban teniendo. Hablar de sostenibilidad es hablar de futuro, y este es de nuestros hijos y posterior descendencia, por lo que es necesario un esfuerzo orientado a su formación en el tema del agua que irá acompañada, sin mayor esfuerzo, de la sensibilización por los problemas relacionados.

Resumen y conclusiones

Se ha tratado de exponer la complejidad e importancia del problema del agua, así como de las relaciones y dependencias de la sociedad con esta. Todo ello con la intención de animar a una visión global y general. La solución de los problemas actuales y futuros implica unos esfuerzos en observación y medida, en formación, educación y entrenamiento, una gestión integral y unos planteamientos que se pueden considerar fundamentados, o en coherencia, con los principios de transparencia, solidaridad y sostenibilidad.