

Acerca del estado del conocimiento respecto a las interacciones aguas subterráneas-humedales- bienestar humano en Iberoamérica y la Península Ibérica

Teresita Betancur¹, Emilia Bocanegra², Marisol Manzano³, Emilio Custodio⁴, Gerson Cardoso da Silva⁵

¹ Universidad de Antioquia, Calle 67 No 53 – 108, Medellín, Colombia, +574 2198577

² Universidad Nacional de Mar del Plata, U.A.MDP-UTN, CIC, Funes 3350, 7600 Mar del Plata, Argentina + 54 223 4754060

³ Universidad Politécnica de Cartagena, P^o de Alfonso XIII 52, 30203 Cartagena, España +34.968.325443

⁴ Universidad Politécnica de Cataluña, UPC, Jordi Girona 1-3. Campus Nord, ed. D2, Barcelona, España +34.93.401.69.20

⁵ Universidad Federal de Rio de Janeiro, Av. Athos da Silveira Ramos 274. 21941-590 Rio de Janeiro, Brasil +55 2197466863

Mail de contacto: terebetav@udea.edu.co

RESUMEN

La comprensión de las interacciones aguas subterráneas – humedales – bienestar humano es indispensable para pensar y proponer medidas de manejo que permitan preservar ecosistemas acuáticos en pos de la sostenibilidad de los recursos hídricos y de la calidad de vida de las comunidades dependientes de los servicios que ellos proporcionan. Este trabajo presenta algunos de los resultados logrados dentro de la ejecución del proyecto UNESCO IGCP 604, con el cual se pretende elaborar un marco conceptual sobre las interacciones aguas subterráneas–humedales-bienestar humano en Iberoamérica y la Península Ibérica a través de la investigación científica y la cooperación internacional. Hasta la fecha se ha recopilado información de 48 humedales y lagos sobre los cuales, se detecta la relevancia de realizar ejercicios de balance de masa, la necesidad de encontrar un procedimiento más adecuado para medir la dimensión de los servicios y propender por una mayor participación de los usuarios en la gestión.

Palabras clave: aguas subterráneas, humedales, bienestar humano, Iberoamérica.

ABSTRACT

This paper presents the preliminary results of The UNESCO project IGCP 604, whose objective is to elaborate a conceptual framework on groundwater-wetland-human beings interactions, and is motivated by the UNESCO Millennium Ecosystems Assessment Programme. Data from forty-eight wetlands in twelve countries have been elaborated. Their morphological, hydrological, chemical, characteristics are highly variable. Only the water supply and water regulation services seem to be widely extended. All the cultural services seem to be widely extended. The factors that most widely induce changes in wetland services are water extraction, biological exploitation, changes in land use, pollution, and climate and global change. Current work is aimed at evaluating the quality and consistency of information collected. Then will be defined more precisely in the state of knowledge of them. The purpose will be to propose actions to better preservation of wetlands and them environmental services

Key words: groundwater, wetlands, human well-being, Iberoamérica

Introducción

Motivado por el Programa de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de Naciones Unidas, el proyecto UNESCO IGCP 604 tiene como objetivo elaborar un marco conceptual sobre las interacciones aguas subterráneas–humedales-bienestar humano en Iberoamérica,

con énfasis en la identificación y evaluación de los servicios que los humedales vinculados a las aguas subterráneas ofrecen a los seres humanos. Siguiendo la metodología propuesta para la ejecución del proyecto se ha recopilado información de 48 casos de estudio de 12 países, trascendiendo algunos la concepción estricta de humedal para involucrar grandes

cuerpos de agua como lagos; será parte de los resultados de este proyecto el establecer si son o no comparables los servicios que pueden ofrecer ecosistemas que involucran escalas que pueden llegar a ser significativamente diferentes, en principio esta comparación está más allá de los objetivos propuestos en este estudio. La evaluación de la síntesis de los casos considerados pretende servir como insumo para lograr efectivamente construir un marco conceptual de las interacciones aguas subterráneas - humedales, aportando elementos metodológicos para una comprensión completa de estos ecosistemas, de sus servicios y de los impactos que pueden generar sobre ambos algunos factores tales como el manejo del agua, del territorio o los cambios climático y ambiental.

En este documento se presenta inicialmente un marco conceptual general acerca de los aspectos involucrados en el objeto de estudio. Se resume luego la metodología seguida hasta ahora, considerando tres aspectos principales: i) el modelo hidrológico conceptual, ii) la interacción humedal-bienestar humano y iii) el impacto del cambio ambiental. Finalmente se hace una breve referencia a la gestión de los humedales. Siguiendo el mismo orden propuesto en la metodológica, a partir del análisis de las 48 fichas disponibles se resume el estado del conocimiento y se esboza un diagnóstico preliminar en relación a las necesidades de concretar un modo de actuar para completar la comprensión básica que permita soportar de manera adecuada el diseño de medidas de gestión.

Marco conceptual

La hidrosfera, entendida desde el punto de vista de la interconexión entre la biosfera, la atmósfera y la litosfera, donde están integrados los flujos de agua, energía y los compuestos químicos, representa el espacio natural en el que tiene lugar el ciclo del agua (UNESCO-IAEA, 2001).

Uno de los componentes fundamentales de este ciclo corresponde a las interacciones entre la superficie y los componentes del subsuelo. Un grupo particular de sistemas en los que estas interacciones son más evidentes e importantes son los sistemas de humedales hidrogeológicamente dependientes.

Es bien sabido que los humedales representan uno de los ecosistemas más productivos del mundo al albergar una amplia diversidad biológica y fuentes de agua y productividad primaria para innumerables especies vegetales y animales.

El entendimiento de la relación de interacción agua subterránea-humedal supone establecer un modelo hidrológico conceptual enmarcado espacialmente en el área de captura dentro de una cuenca hidrográfica o acuífero. La comprensión de la interacción humedal-bienestar humano requiere evaluar y conocer los bienes y servicios que brindan esos importantes ecosistemas, lo que implica hacer referencia también a la relación aguas subterráneas-bienestar humano con el fin de generar una herramienta útil para la gestión de los humedales y el bienestar y economía de las poblaciones del entorno.

Los cambios ambientales actuales y potenciales generan riesgos asociados con la disminución de las funciones de soporte de los ecosistemas y a la pérdida de servicios ecosistémicos. Siendo el agua el principal elemento de soporte para las actividades humanas y los procesos ecosistémicos, debe ser considerada como el eje fundamental de la gestión ambiental, pues se constituye como el enlace integrador en el estudio de las relaciones entre los sistemas sociales y los sistemas naturales que dan lugar a la configuración histórica de los territorios.

Interacción aguas subterráneas – humedal

Un modelo hidrológico conceptual es una representación simplificada del conocimiento que se posee sobre sistema de flujo de agua y solutos en un espacio concreto de referencia y en tres dimensiones. Comprende mapas, cortes y bloques diagrama en los que se direccionan y dimensionan los procesos del ciclo hidrológico dentro de un sistema de referencia.

La representatividad de los modelos conceptuales depende, entre otros factores, de la calidad de la información que pueda recopilarse para su construcción. En una situación ideal se dispone de información dura (medida), pero en la realidad, en mayor o menor grado, se requiere hacer inferencias y construir lo que se denomina inferencia blanda (Bredehoeft, 2005). Además, el modelo se debe apoyar siempre en información preexistente y en modelos predefinidos de otro tipo de variables: fisiográficos, climáticos, hidrográficos, entre otros. La incertidumbre de estos modelos se traslada inevitablemente al modelo hidrológico.

Para los sistemas superficial y subterráneo, la precipitación desde la atmósfera representa la función de entrada a estos dos compartimentos interconectados por procesos de recarga y descarga. La interacción de acuíferos con cuerpos de agua lóticos o lénticos es compleja

desde el momento en que se reconoce que la posición de la cuenca superficial no siempre coincide con el límite de la cuenca subterránea.

El marco de referencia espacial para desarrollar el concepto de modelo hidrológico en un humedal se circunscribe al área de captura, la cual abarcaría las áreas de aporte de agua superficial y subterránea. Un modelo hidrológico conceptual debe abordar la descripción y cuantificación de las fuentes y los mecanismos de entrada y salida de agua y de solutos en el espacio físico designado como humedal, su variabilidad espacial y temporal y las causas de la misma, así como la caracterización del hidrociclo (frecuencia y permanencia de la inundación) y de los procesos hídricos que tienen lugar dentro de la cubeta.

Interacción humedal – ser humano.

El reconocimiento de la importancia de los ecosistemas naturales como soporte del bienestar humano se ha ido acrecentando sustancialmente en las últimas décadas, luego de la publicación del libro *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems* (Daily, 1997) y del reporte *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005). Un adecuado funcionamiento de los ecosistemas provee múltiples bienes (alimento, materias primas, recursos genéticos) y servicios (regulación del agua, ciclo de nutrientes, control de erosión y retención de sedimentos, regulación climática), los cuales representan beneficios para las personas. Al conjunto de ambos aspectos: bienes y servicios se les denomina servicios ecosistémicos y se definen como "las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman sostienen y satisfacen la vida humana" (Daily, 1997). En los primeros documentos oficiales sobre el tema (MEA, 2005) se definían los servicios ecosistémicos como "los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas" y se agrupaban en cuatro categorías: aprovisionamiento (alimento, madera, agua, fibras, recursos ornamentales, recursos genéticos), regulación (regulación de la calidad del aire, del clima, del agua, la erosión, de enfermedades y plagas), soporte (formación de suelo, fotosíntesis, ciclo de nutrientes, ciclo del agua) y cultural (diversidad cultural, valores religiosos y espirituales, recreación, valores estéticos, valores educativos). Una reordenación posterior del marco conceptual hizo que los servicios quedaran reducidos a tres tipos: abastecimiento, regulación y culturales.

Además de la definición de servicios ecosistémicos es oportuno también diferenciar

lo que significa beneficios. Mientras un servicio ecosistémico posee una naturaleza inherentemente ecológica, un beneficio se entiende como algo que impacta directamente el bienestar humano (Fisher et al., 2009) y guarda una relación económica.

Cambio ambiental y global

En las últimas décadas del siglo XX varios registros instrumentales apuntaban a que el promedio global de la temperatura del aire al nivel de la superficie se había elevado entre 0,4 °C y 0,8 °C en el transcurso del siglo. Esta tendencia de calentamiento se dispersaba espacialmente de forma amplia y era consistente con observaciones como el retroceso de los glaciares en montañas, la reducción en la extensión de la cobertura de nieve, el derretimiento temprano de hielo en los ríos y lagos, la tasa acelerada de ascenso del nivel del mar, el incremento del vapor de agua en las capas superiores de aire, la mayor intensidad de la precipitación en la mayoría de las regiones, y el calentamiento en 0,05 °C de la capa superficial del océano, que es el contenedor más grande de calor en el sistema climático. A raíz de estas observaciones surgió y evolucionó el concepto de cambio climático, refiriéndolo a un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global, y que es independiente de la variabilidad climática observada durante períodos comparables (Houghton et al., 2001).

Debido a la responsabilidad implícita de la actividad humana en los fenómenos del cambio climático y a las consecuencias que este cambio tiene sobre la misma sociedad, se desarrolló posteriormente el concepto de cambio ambiental, que además de incluir los cambios en el clima considera sus consecuencias en los sistemas sociales y en los ecosistemas.

Partiendo de un enfoque centrado en el cambio climático, teniendo en cuenta las notables incertidumbres asociadas y las actuales deficiencias en la simulación de algunos procesos, los esfuerzos de planificación deben extenderse a la identificación de cambios en la biodiversidad, la tierra y el agua, la contaminación y otros recursos significativos a nivel global, así como la revisión extensiva de la literatura que identifique interacciones entre los seres humanos y el ambiente. En este sentido, y de acuerdo con lo planteado por Metzger et al. (2006), se define el cambio ambiental como la ampliación del concepto de cambio climático (propuesto por el International Panel on Climate Change) incorporando otros cambios,

específicamente aquellos asociados con uso del territorio. Esto es lo que se denomina también Cambio Global.

Los cambios ambientales se evidencian con mayor facilidad en las franjas extremas de los ecosistemas o límites ecosistémicos. Por ejemplo se ha generado mayor información, en lo que hace referencia al aumento del nivel del mar, el deshielo de los glaciares y las modificaciones en la dinámica fluvial en las zonas bajas. En general, los estudios globales, e incluso algunos regionales, no mencionan cambios tan evidentes y claros en las zonas intermedias o de montaña. En estas regiones, las predicciones sobre el efecto de los cambios globales no presentan grandes perturbaciones en el nivel ecosistémico y, por el contrario, cobran mayor relevancia los cambios y presiones a los ecosistemas por la acción antrópica y en especial por el uso del suelo en prácticas económicas intensivas.

Gestión de humedales y bienestar humano

La Convención de Ramsar sobre los Humedales de Importancia Internacional es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos (<http://www.ramsar.org/cda/>). La misión de la Convención es "la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo.

La filosofía de Ramsar gira en torno al concepto de "uso racional". El uso racional de los humedales se define como "el mantenimiento de sus características ecológicas, logrado mediante la implementación de enfoques por ecosistemas, dentro del contexto del desarrollo sostenible". Por consiguiente, la conservación de los humedales, así como su uso sostenible y el de sus recursos, se hallan en el centro del "uso racional" en beneficio de la humanidad.

Adheridos o no a la convención RAMSAR, los estados y países han ido ganando conciencia en relación a la importancia vital de cuidar estos ecosistemas estratégicos y han venido definiendo medidas nacionales de conservación y han promovido la creación de organismos de gestión.

Metodología

La metodología que se ha seguido en el trabajo realizado ha consistido en el diseño y

aplicación de una ficha para conocer los aspectos generales de los humedales, los aspectos geográficos, geológicos e hidrológicos, el estado de funcionalidad hidrológica, los servicios que ofrecen al bienestar humano y los factores que inducen cambios directos sobre dichos servicios (Bocanegra et al., 2012).

Para obtener la información relevante básica necesaria que permita: i) conocer el origen de cada humedal concreto y su relación con los acuíferos subyacentes (modelo conceptual), ii) identificar los servicios que cada humedal ofrece a los habitantes de su área de influencia, iii) evaluar el estado y la tendencia de dichos servicios y iv) identificar los factores principales que inducen cambios en el estado de los servicios de cada humedal, la ficha consta de cinco grandes apartados:

1. Aspectos generales del humedal/conjunto de humedales.
2. Aspectos geográficos, geológicos e hidrológicos.
3. Estado de funcionalidad hidrológica.
4. Servicios que ofrece el humedal/conjunto de humedales.
5. Factores que inducen cambios directos sobre dichos servicios.

La ficha fue diseñada a partir de un proceso de participación colectiva, producto del cual se plasmaron una serie de ideas acerca de lo que se considera que debe conocerse para tener un panorama claro que oriente adecuadamente la gestión de los humedales. El aspecto más relevante de esta ficha es que tanto los datos de tipo cuantitativo como cualitativo que caracterizan al humedal, así como las valoraciones acerca de los servicios, su funcionalidad, las tendencias y los factores que inducen cambios directos, deben estar soportados con referencias bibliográficas asequibles; sólo de esta forma tanto los propios datos como las conclusiones que de ellos se extraigan serán confiables y, por tanto, útiles.

La información que potencialmente se puede recopilar en cada apartado es muy diversa y depende del grado de conocimiento, por tanto de la existencia de trabajos científicos, técnicos y de gestión en cada humedal. Las fichas completas recolectadas hasta la fecha pueden consultarse en el sitio web <http://www.mdp.edu.ar/hidrogeologia/IGCP604/index.php>.

Una vez realizada la recopilación y sintetizada la información correspondiente de un número importante de casos de estudio, en relación con lo que se considera el conocimiento deseado, se evalúa lo que se conoce efectivamente y a partir de las falencias

detectadas se busca plantear una ruta metodológica práctica que permita definir qué hacer y cómo proceder para completar un conocimiento mínimo necesario para poder actuar o intervenir en torno a estos ecosistemas, tomando decisiones técnicamente soportadas.

Con la información obtenida y la evaluación del carácter y alcances de la misma, a partir del dialogo entre investigadores, se va hacia la síntesis de un marco conceptual de referencia que evidencie el logro del objetivo de este proyecto.

Resultados

A partir de una amplia convocatoria a investigadores profesionales e instituciones relacionadas con el tema objeto de estudio, ha sido posible recopilar, desde 12 países, 48 fichas diligenciadas con la información que los autores han podido reunir. Pese a la claridad advertida en términos de la ficha de que el objeto de estudio eran los humedales hidrogeológicamente dependientes, algunos casos hacen referencia a grandes cuerpos de agua que desbordan el concepto estricto de humedal. Aún debe decidirse si se considera o no la información aportada en este sentido como aplicable o extrapolable en cuanto a la consolidación del marco conceptual a definir.

Sobre la interacción aguas subterráneas–humedal

En relación con los elementos que hacen sólido un modelo conceptual, a partir de información consignada en las 48 fichas hidrológicas en la Tabla 1 se resume el estado del conocimiento que se tiene a este respecto. Si bien en más del 70 % de los casos se maneja información para varias variables físicas e hidrológicas, en menos del 60 % se reporta la existencia de un modelo conceptual. Se destaca también la escasa cuantificación de los sistemas mediante modelación numérica (en sólo el 30 % de los casos) y el bajo grado de realización de estudios que proyecten los impactos hidrológicos a causa del cambio ambiental.

Para lograr un equilibrio en el conocimiento de la interacción aguas subterráneas–humedal deberá propenderse a la realización de proyectos locales orientados a calcular balances hídricos que permitan identificar los procesos y cuantificar los flujos en el sistema hidrológico vinculado al humedal.

Tabla 1. Estado del conocimiento hidrológico.

| Variable | | Se conoce bien | Conocimiento parcial | No se conoce |
|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|--------------|
| #/48 | | | | |
| Clima | Precipitación media y variabilidad | 34 | 11 | 3 |
| | Temperatura media y variabilidad | 41 | 5 | 2 |
| Especies vegetales que ocupan el área | | 38 | | 10 |
| Morfología | Superficie | 44 | | 4 |
| | Altura | 39 | | 9 |
| | Profundidad | 35 | | 13 |
| Génesis | | 45 | | 3 |
| Fuentes de aporte de agua | | 47 | | 1 |
| Funcionamiento hidrológico | | 47 | | 1 |
| Hidroperiodo | | 48 | | 0 |
| Estado trófico | | 36 | | 12 |
| Intervención | | 30 | | 18 |
| Estado del conocimiento | Modelo conceptual | 28 | | 20 |
| | Modelo numérico de flujo | 14 | | 34 |
| | Evaluación química | 44 | | 4 |
| | Monitoreo de nivel | 45 | | 3 |
| | Estudios hidrológicos | 33 | | 15 |
| | Estudio de impacto frente al cambio | 16 | | 32 |

Interacción humedal–bienestar humano

Acerca de los servicios ambientales de los humedales, las cifras que se extraen de la información consignada en las fichas parecen indicar, en primera instancia, un relativo buen conocimiento en relación con el estado de los servicios (Tabla 2) de abastecimiento, regulación y culturales. Al tratar de evaluar el conocimiento acerca de la tendencia (Tabla 3) de esos servicios (mejorar, permanecer estable o empeorar), la situación parece ser diferente: los servicios culturales estarían mejor conocidos que los de regulación y se sabría muy poco acerca del estado de los servicios de abastecimiento. Sin embargo, las inconsistencias detectadas en el sentido de acompañar la idea de “no existencia” de un servicio con una calificación de su tendencia, llama la atención sobre la necesidad de tratar de determinar las causas de esta ambigüedad y

genera incertidumbre sobre el sustento de la información reportada en las fichas al respecto. Será fundamental avanzar en el diseño de procedimientos metodológicos que permitan cuantificar de manera efectiva la magnitud de los servicios de los humedales, empezando por validar la utilización que de ellos se haga como fuentes de abastecimiento de agua o recursos minerales y biológicos. En cada caso será necesario determinar el papel de estos cuerpos de agua como elementos reguladores y se precisa validar la información existente en relación con los servicios culturales reportados, para estar seguros de que la información disponible sí que está efectivamente sustentada en estudios de caso y no corresponde a un conocimiento adquirido mediante tradición oral, o inferida con base en apreciaciones subjetivas

Tabla 2. Conocimiento sobre el estado de los servicios.

| Variable | | Se conoce bien | No se conoce | Inconsistente |
|----------------|-------------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| | | #/48 | | |
| Abastecimiento | Agua de buena calidad | 37 | 1 | 10 |
| | Agua diferentes usos | 39 | 1 | 8 |
| | Recurso alimentarios (natural) | 42 | 0 | 6 |
| | Productos alimentarios (artificial) | 41 | 1 | 6 |
| | Materias primas biológica | 35 | 4 | 9 |
| | Materias primas minerales | 36 | 1 | 11 |
| | Especies medicinales | 29 | 10 | 9 |
| | | | | |
| Regulación | hídrica | 44 | 1 | 3 |
| | Depuración de agua | 38 | 1 | 9 |
| | Control erosión | 26 | 10 | 12 |
| | Climática local | 25 | 15 | 8 |
| Culturales | Turismo | 47 | 0 | 1 |
| | Educación | 48 | 0 | 0 |
| | Paisajísticos y estéticos | 47 | 1 | 0 |
| | Identidad cultural | 46 | 1 | 1 |
| | religiosos | 27 | 12 | 9 |
| | | | | |

Cambio ambiental

Se ha evaluado la posible ocurrencia de un impacto sobre los humedales asociado a un factor de cambio en términos de la magnitud (alto, moderado, bajo) y de la tendencia del mismo (aumenta, es estable o disminuye).

Además se proveen dos situaciones adicionales: que no haya un impacto o que se desconozca su ocurrencia; en cualquiera de estas dos últimas circunstancias no se debe reportar tendencia alguna; de hacerlo ello representa una inconsistencia en la información (Tabla 4).

Tabla 3. Conocimiento sobre la tendencia de los servicios.

| Variable | | Se conoce bien | No se conoce | Inconsistente |
|----------------|-------------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| | | #/48 | | |
| Abastecimiento | Agua de buena calidad | 16 | 22 | 10 |
| | Agua diferentes usos | 25 | 15 | 8 |
| | Recurso alimentarios (natural) | 19 | 23 | 6 |
| | Productos alimentarios (artificial) | 17 | 25 | 6 |
| | Materias primas biológica | 17 | 22 | 9 |
| | Materias primas minerales | 13 | 24 | 11 |
| | Especies medicinales | 9 | 30 | 9 |
| Regulación | hídrica | 36 | 9 | 3 |
| | Depuración de agua | 25 | 14 | 9 |
| | Control erosión | 14 | 22 | 12 |
| | Climática local | 14 | 26 | 8 |
| Culturales | Turismo | 45 | 2 | 1 |
| | Educación | 43 | 5 | 0 |
| | Paisajísticos y estéticos | 43 | 5 | 0 |
| | Identidad cultural | 41 | 6 | 1 |
| | religiosos | 24 | 15 | 9 |

Respecto a los impactos relacionados con los factores que inducen cambio referidos a la explotación intensiva de recursos hídricos, biológicos o minerales, se tiene un conocimiento moderado (alrededor del 50 % de los casos de estudio) que indica una tendencia al impacto. El impacto en relación con cambio en el uso de suelo, está poco documentado. Lo mismo ocurre en relación a las modificaciones que se dan en el ciclo hidrológico. Los efectos de la contaminación difusa o puntual permiten una buena identificación de la tendencia (más del 60 %), situación poco contabilizada si se hace referencia a la los impactos de la contaminación atmosférica.

Tabla 4. Conocimiento acerca de la tendencia de los cambios e impactos del cambio sobre los servicios de los humedales.

| Variable | | Se conoce bien | No se conoce | Inconsistente |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| | | #/48 | | |
| Extracción de agua | Del humedal | 16 | 26 | 6 |
| | De afluentes | 16 | 26 | 6 |
| | Subterráneas próxima | 32 | 12 | 4 |
| Explotación biológica | Cultivos | 29 | 17 | 2 |
| | Bosques | 13 | 29 | 6 |
| | Ganadería | 27 | 19 | 2 |
| | Pesca | 21 | 22 | 5 |
| | Combustibles | 2 | 39 | 7 |
| Explotación mineral | Salas | 5 | 37 | 6 |
| | Suelos | 6 | 37 | 5 |
| | Rocas | 10 | 32 | 6 |
| | Otros | 3 | 44 | 1 |
| | Deforestación | 15 | 27 | 6 |
| Cambios uso del suelo | Reforestación | 11 | 32 | 5 |
| | Manejo de bosque | 13 | 30 | 5 |
| | Sustracción especies vegetales | 13 | 31 | 4 |
| | Agricultura | 25 | 22 | 1 |
| | Ganadería | 24 | 23 | 1 |
| | Urbanización | 33 | 11 | 4 |
| | Vías comunicación | 26 | 20 | 2 |
| | Drenaje | 23 | 21 | 4 |
| | Excedentes riego | 17 | 28 | 3 |
| Modificación ciclo hidrológico | Uso almacenamiento | 8 | 34 | 6 |
| | Recarga artificial | 4 | 37 | 7 |
| | Aguas urbanas | 25 | 19 | 4 |
| | Difusa agrícola | 28 | 18 | 2 |
| Contaminación | Difusa atmosférica | 10 | 33 | 5 |
| | Puntual | 28 | 17 | 3 |
| Efectos asociados al cambio | Calidad mineral del agua | 23 | 24 | 1 |
| | Calidad biológica del agua | 27 | 21 | 0 |
| | Oxidación por dec. Tráfico | 11 | 36 | 1 |
| | Erosión | 15 | 31 | 2 |
| | Destrucción suelo | 10 | 35 | 3 |
| Cambio climático | Precipitación | 40 | 5 | 3 |
| | Temperatura | 40 | 6 | 2 |
| | Nivel del Mar | 27 | 20 | 1 |

Aun cuando no es clara la existencia de referencias para documentarlo, según los casos de estudio recopilados existe cierto grado de conocimiento acerca de los impactos sobre los servicios asociados al cambio climático en lo que hace referencia a variaciones en la precipitación y en la temperatura.

La lectura de la información recopilada acerca del conocimiento de los impactos del cambio sobre los servicios que generan bienestar al ser humano induce una sensación de incertidumbre, por lo cual deberá ser objeto de un análisis más detallado para valorar efectivamente su importancia o establecer mecanismos para su validación. Esta reflexión en el interior del grupo de trabajo guiará la opción de proponer métodos de estudio para generalizar el trabajo a este respecto.

Medidas de gestión

En relación con las medidas de gestión, a partir de los casos de estudio recopilados se deduce que existe un buen conocimiento en relación a la existencia de alguna disposición internacional o local que vela por la protección de estos ecosistemas (Tabla 5). Sin embargo, tal como se deduce del reporte sobre organismos gestores parece ser — que en algunos casos no se han asignado claras responsabilidades para hacer efectivas las medidas de protección, mas allá de un documento que declara la importancia del lugar. Más aún, no se conoce la existencia de la participación de los usuarios en la protección de los humedales.

Tabla 5. Conocimiento existente en relación a las medidas de gestión.

| Variable | | Se conoce | No se conoce |
|---------------------|---------------------------|-----------|--------------|
| | | #/48 | |
| Acciones de gestión | Figuras de protección | 43 | 5 |
| | Organismo gestor | 31 | 17 |
| | Participación de usuarios | 17 | 31 |

Conclusiones

De lo hasta ahora expuesto, y considerando que los resultados corresponden a la información recolectada en 48 fichas, se puede afirmar que existe una evolución desigual en el estado de conocimiento sobre aspectos básicos

de los humedales y su relación con aguas subterráneas, no obstante la documentación acerca de los modelos conceptuales indica un avance significativo en relación a la evaluación hidrológica de estos ecosistemas. Respecto al conocimiento de los servicios que brindan los humedales al bienestar humano se destaca el predominio de los servicios culturales y de regulación sobre los de abastecimiento, aun cuando se advierte un amplio desconocimiento al tratar de validar a través de referencias la información consignada en las fichas. Así mismo, acerca de los factores que inducen cambio sobre el humedal, parece ser que no hay suficientes estudios al respecto, aunque es muy probable que el resultado refleje el grado de desconocimiento de los mismos por parte de las personas que han cumplimentado las fichas.

En relación con la información de soporte de los modelos conceptuales, hace falta profundizar en evaluaciones que permitan conocer el funcionamiento en cuanto al flujo y el transporte de sales.

Sobre la consideración de cuerpos de agua que no se ajustan a la definición de humedal, y en concreto dependientes del agua subterránea, se debe aún ver cómo se pueden encuadrar, con atención a aquellas partes que se ajustarían a la definición estricta.

Para lograr un conocimiento adecuado de los modelos conceptuales deberá propenderse a la realización de proyectos locales orientados a calcular balances de masa que permitan cuantificar los procesos de flujo y transporte de solutos en el sistema hidrológico vinculado a cada humedal.

Será fundamental avanzar en el diseño de procedimientos metodológicos que permitan cuantificar de manera efectiva la magnitud de los servicios de los humedales, empezando por validar la utilización que de ellos se haga como fuentes de abastecimiento de agua o recursos minerales y biológicos. En cada caso será necesario determinar el papel de estos cuerpos de agua como elementos reguladores y se precisa validar la información existente en relación con los servicios culturales reportados, para estar seguros de que la información disponible está efectivamente sustentada en estudios técnicos y científicos confiables.

Existe un nivel de incertidumbre por definir en relación al conocimiento de los impactos del cambio sobre los servicios que generan bienestar al ser humano. Será necesario validar la información disponible, y luego tratar de determinar el real estado del conocimiento a este respecto.

En relación con la Gestión, sigue siendo un reto establecer mecanismos de participación y compromiso por parte de los usuarios.

Agradecimientos

UNESCO ha apoyado la realización del IGCP 604, y el proyecto REDESAC sobre recarga y descarga de acuíferos (MICINN GLC2009-12910) ha aportado tiempo de investigadores. Gracias en especial a los investigadores que han contribuido suministrando a través de las Fichas la información de la que se nutre este proyecto.

Referencias

- Bocanegra, E., Manzano, M., Betancur, T., Custodio, E. y Cardoso, G. 2012. Caracterización preliminar de las interacciones aguas subterráneas-humedales-ser humano en Iberoamérica. Actas XI Congreso Latinoamericano de Hidrogeología. Cartagena de Indias. Colombia. CD. 5 p
- Bredenhoft, J., 2005 The conceptualization model problema-surprise. *Hydrogeology Journal*, 13. 37-46
- Daily, G. 1997. Nature's services. Societal Dependence on Natural Ecosystems Island Press, Washington D.C. Covelo California. 362 p.
- Fisher, B., Turner, K. and Morling, P. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*. 68, 3, pp. 643-653.
- Metzger, M., Rounsevell, M., Acosta-Michlik, L., Leemans, R. and Schrotere, D. 2006 The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(1): 69-95.
- UNESCO-IAEA, 2001 Environmental isotopes in the hydrological cycle. Principles and applications. IHP-V Technical Documents in hydrology, NO. 39.