

Caracterización preliminar de las interacciones aguas subterráneas-humedales-ser humano en Iberoamérica y en la Península Ibérica

E. Bocanegra*

Universidad Nacional de Mar del Plata, U.A.MDP-UTN, CIC, Funes 3350, 7600 Mar del Plata, Argentina

M. Manzano

Universidad Politécnica de Cartagena, Pº de Alfonso XIII 52, 30203 Cartagena, España

T. Betancur

Universidad de Antioquia, Calle 67 No 53 – 108 Bloque 21 Oficina 105, Medellín, Colombia

E. Custodio

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

G. Cardoso

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

** Email de correspondencia: emilia.bocanegra@gmail.com*

RESUMEN: El proyecto UNESCO IGCP 604 tiene como objetivo elaborar un marco conceptual sobre las interacciones aguas subterráneas–humedales-ser humano, y está motivado por el Programa de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de Naciones Unidas. Como resultados preliminares se ha elaborado información de catorce humedales en nueve países. Sus características morfológicas, hidrológicas, químicas, etc. son muy variables. Solamente los servicios de abastecimiento de agua y de regulación hídrica parecen estar ampliamente extendidos, con una tendencia dominante a mantenerse estables o a empeorar. Todos los servicios culturales son frecuentes y muestran una tendencia mayoritaria a mejorar. Entre los factores que inducen cambios en los servicios, los de impacto más extendido son: extracción de agua, cambios en el uso de suelo, contaminación y cambio climático y global. Presentan impactos variables, pero la tendencia general es a mantenerse estables o a aumentar.

PALABRAS CLAVE: humedales, aguas subterráneas, servicios al ser humano, Iberoamérica, Península Ibérica

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 fourteen wetlands in nine countries have been elaborated. Their morphological, hydrological, chemical, etc. characteristics are highly variable. Only the water supply and water regulation services seem to be widely extended, and their general evolution trend is to be stable or to worsen. All the cultural services seem to be widely extended, and the dominant trend is to improve. 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. They cause variable impacts, which tend to be stable or to increase..

KEYWORDS: wetlands, groundwater, services to human beings, Ibero-America, Iberian Peninsula

1 INTRODUCCIÓN

Los humedales están entre los ecosistemas más productivos de nuestro planeta. En buena parte de ellos el aporte de aguas subterráneas contribuye significativamente a dicha productividad. En la literatura científica hay bastantes trabajos sobre aguas subterráneas y humedales, pero hasta hace poco eran trabajos específicos sobre aspectos concretos de las ciencias tradicionales (hidrogeología, ecología, eco-

nomía, etc.). En el proyecto IGCP 604 de UNESCO se pretende generar un nuevo marco conceptual sobre las interacciones aguas subterráneas–humedales-ser humano en Iberoamérica y la Península Ibérica, centrado en la identificación y evaluación de los servicios que los humedales vinculados a las aguas subterráneas ofrecen a los seres humanos. El fin último es generar una herramienta útil para la gestión de los humedales y del bienestar de las poblaciones del entorno. Por servicio se entiende aquella función o

proceso que ocurre de manera natural en un ecosistema y que es aprovechado de alguna forma por los seres humanos. Si no hay un aprovechamiento no se puede hablar de servicio.

El proyecto IGCP 604 está inspirado en el programa científico de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de Naciones Unidas (<http://www.maweb.org/en/index.aspx>). Este ha supuesto un gran esfuerzo internacional para evaluar con información empírica la capacidad de los ecosistemas del planeta para mantener el bienestar humano. El objetivo último es contribuir a mejorar el bienestar de la sociedad y a luchar contra la pobreza a través de una mejora de la gestión de los ecosistemas, partiendo de la base de que del buen funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y terrestres del planeta depende el futuro económico, social, cultural y político de las sociedades humanas (Montes y Lomas, 2012). El proyecto IGCP 604 es original, pues se centra en aquellos servicios que ofrece un ecosistema de superficie, los humedales, que se deben a la interacción con otro ecosistema del subsuelo, las aguas subterráneas.

Este trabajo presenta los resultados preliminares del proyecto. Se muestra la primera evaluación de los servicios que ofrecen al ser humano catorce humedales vinculados a las aguas subterráneas y ubicados en nueve países de Iberoamérica y la Península Ibérica. La recopilación de información sobre otros humedales continúa, y se prevé evaluar la situación en al menos algunas decenas de ellos.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo realizado hasta la fecha ha consistido en dos tareas: 1) elaborar un marco conceptual para abordar el estudio sistemático de las interacciones entre aguas subterráneas, humedales y bienestar humano en Iberoamérica y la Península Ibérica, y 2) recopilar y elaborar la información disponible inicialmente de catorce humedales ubicados en nueve países, los cuales están vinculados a las aguas subterráneas y son singulares para el ser humano por diversas razones.

Para obtener la información relevante básica necesaria que permita i) conocer el origen de cada humedal en concreto y su relación con los acuíferos subyacentes, ii) identificar los servicios que cada humedal ofrece a los habitantes de su zona 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, se ha diseñado una ficha que 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 o conjunto de humedales y 5) factores que

inducen cambios directos sobre dichos servicios. La ficha completa se puede ver en el sitio web <http://www.mdp.edu.ar/hidrogeologia/IGCP604/index.php>.

La lista de servicios que se presenta, y la de factores que inducen cambios en los servicios, están basadas en MEA (2003) y en MIMARM (2011). Respecto a los criterios de valoración, se entiende por “mejora” de un servicio el aumento de la capacidad del humedal para generarlo, o bien que la población beneficiada aumenta; por “empeoramiento” se entiende que se reduce la capacidad del humedal para generarlo, o bien que la población beneficiada disminuye. Respecto a los cambios inducidos por los factores estudiados, estos pueden suponer tanto una mejora como un empeoramiento de ciertos servicios, pero este aspecto no se evalúa aquí.

El aspecto más relevante de la 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 apoyados con referencias bibliográficas asequibles, siempre que sea posible. De esta forma, tanto los propios datos como las conclusiones que de ellos se extraigan serán confiables y por tanto útiles. En caso de ausencia de información empírica se puede recurrir al conocimiento de expertos, pero esto debe quedar indicado.

La información que potencialmente se puede recopilar en cada apartado es muy diversa y depende de la existencia de trabajos científicos, técnicos y de gestión en cada humedal, y también del conocimiento que de dicha información tenga el personal que rellena la ficha. Este aspecto es fundamental, pues puede generar sesgos en las fichas y, por ende, en las conclusiones de las elaboraciones que con ellas se realicen, como se comenta más adelante.

3 RESULTADOS

En la Figura 1 se resumen las características morfológicas, hidrológicas, de funcionamiento, de estado de conocimiento y de gestión de los catorce humedales evaluados en este trabajo. De ellos cuatro están en Argentina, uno en Brasil, uno Chile, uno en Colombia, uno en República Dominicana, uno en Ecuador, cuatro en España y uno en Nicaragua. De forma sintética, las principales características del conjunto son las siguientes:

- Seis humedales son de tipo aislado, otros seis son conjuntos y el resto son aislados dentro de un conjunto. Seis son humedales continentales de llanura, tres son de llanura litoral y el resto son de otros tipos.

		B.Samborombon, Argentina	Iberá, Argentina	La Salada, Argentina	Los Padres, Argentina	Lagos Rio, Brasil	Salar del Huasco, Chile	Ciénaga, Colombia	Platanon, Rep. Dominicana	Mantequilla, Ecuador	Apoyo, Nicaragua	Aguamolis Emporda, España	Doñana, España	Laguna de Estaña, España	Moli de la Vila, España	
Morfología	Superficie (km ²)	15200	5.8	2.4	292	1	1	225	20.92	8.6	0.4	0.15	0.04			
	Altitud (m)	65	77	58	5	70	200	23	68	0	19	673	323			
	Profundidad máx. (m)	3	2.8	2.1	15	4	6	4	176	20	1.5	20	3			
Génesis geomorfológica	Tectónica															
	Erosiva		•	•	•			•	•							
	De disolución													•		
	Volcánica										•					
	De llanura de inundación					•	•		•		•					
	Meandro / cauce															
	De relieve dunar												•			
	Sedimentac. costera	•				•										
Origen del humedal	Precipitación directa	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•				
	Escorrentía	•	•	•	•			•	•	•		•				
	De aporte profundo								•	•						•
	Freático		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	De marea	•				•										
	Fluvial					•						•				
Funcionamiento	De tránsito	•	•	•	•	•		•				•	•	•	•	•
	Endorreico						•			•						
Hidro-periodo	Permanente	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•
	Se seca	•						•				•	•			•
Características químicas	CE (µS/cm)	<30	6767	762			100	357	249	5050	744	28000	3750	500		
	Oligotrófico		•						•							•
	Mesotrófico					•				•						
	Eutrófico				•	•			•			•				
Funcionalidad	Inalterado			•												
	Poco alterado	•					•		•		•			•		
	Alterado		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Estado del conocimiento	Modelo conceptual		•	•	•		•	•	•	•	•		•	•	•	•
	Modelo numérico		•	•				•					•	•	•	•
	Química / isotopía		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Medidas de nivel	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Estudios de impacto	Estudios hidrogeo.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Estudios de impacto	•	•			•						•	•	•	•	•
Acciones de gestión	Fig. protección	Ramsar	•	•			•		•		•	•	•	•	•	•
		MAB	•										•			
		Reserva	•	•		•		•	•		•	•	•	•	•	•
	Organo gestor	•				•		•		•	•	•	•	•	•	•
Participación usuarios						•			•					•	•	

Figura 1. Resumen de las características morfológicas, hidroclógicas, químicas, climáticas, etc. de los catorce humedales estudiados.

- La superficie oscila entre 0,04 km² y 15.200 km²; cinco tienen ≤ 1 km² y cuatro tienen ≥ 5 km². En ocho de ellos la profundidad máxima es < 6 m, en tres está entre 10 y 20 m y en uno es > 100 m. La génesis morfológica es erosiva en cinco de ellos; el resto tienen génesis muy distintas.
- En cuanto al origen del agua, si bien todos ellos reciben agua subterránea, la mayoría recibe también agua de fuentes atmosféricas y superficiales. El aporte subterráneo es de origen freático en la mayoría de los casos (doce) y en unos pocos (tres) hay también aporte profundo. Respecto al funcionamiento hidrogeológico, la mayoría (diez casos) son calificados como humedales de tránsito, dos como endorreicos y de otros dos se desconoce el tipo. Respecto al hidropereodo, trece humedales son permanentes, aunque cuatro de estos pueden llegar a secarse eventualmente, y el otro humedal es temporal. La hidroquímica de sus aguas es variable: la salinidad del conjunto oscila mucho, con conductividades eléctricas entre 0,03 mS/cm y casi 30 mS/cm, si bien en la mitad de ellos (siete) es de < 1 mS/cm y en tres está entre 3 y 7 mS/cm.
- En cuanto al estado de funcionalidad, la mayoría de ellos (ocho) tienen su funcionamiento alterado, cinco lo tienen poco alterado y uno inalterado. El estado de conocimiento científico parece ser notablemente bueno en conjunto, pues en los catorce humedales hay al menos estudios y mediciones (de nivel, hidroquímicas), en la inmensa mayoría (doce) hay un modelo conceptual de funcionamiento y en cinco de ellos hay un modelo numérico de flujo. Desde el punto de vista de la gestión, la situación de conjunto también parece buena, pues seis humedales son sitio RAMSAR, dos son sitio MAB, diez son reserva natural o tienen otro tipo de figura de protección, siete tienen un órgano gestor propio y en tres de ellos los usuarios participan en la gestión.

En la Figura 2 se resumen la evaluación global del estado y las tendencias de evolución actual de los servicios de esos humedales. De forma sintética, las principales conclusiones son las siguientes:

- Respecto a los servicios de abastecimiento, la mayoría de los humedales evaluados lo son para abastecimiento hídrico (separado en dos grupos: agua de buena calidad y agua para cualquier uso), mientras que los otros servicios son generados por pocos humedales. De forma global, la tendencia de evolución mayoritaria es a no cambiar, seguida de la tendencia a empeorar.
- En cuanto a los servicios de regulación, la mayoría de los humedales realizan los de regulación hídrica y depuración de aguas, pero el resto de servicios son realizados por pocos humedales.

	ABASTECIMIENTO													
	B.Samborombon, Argentina	Iberá, Argentina	La Salada, Argentina	Los Padres, Argentina	Lagos Rio, Brasil	Salar del Huasco, Chile	Ciénaga, Colombia	Plancon, Rep. Dominicana	Mantequilla, Ecuador	Apoyo, Nicaragua	Aguamolls Emporda, España	Doñana, España	Laguna de Estaña, España	Moli de la Vila, España
Abastecimiento de agua de buena calidad	↘	↘				→	↘	↘				→		→
Abastecimiento de agua para otros usos	↘	↘	→			→	↘	↘	↘	→	↘	→		→
Producción natural de recursos alimentarios	→	↘								→	↘			
Producción artificial de recursos alimentarios		→					→			→				↘
Producción de materias primas biológicas	↘	→		→						→		→		
Producción de materias primas minerales	↘									→				
Especies naturales de interés medicinal	↘									→				
REGULACIÓN														
Regulación hídrica	↘	↘	→	→	→		↘	→			→	↘		→
Depuración de aguas	↘	↘	↘	↘	→		↘			→	↘	→		
Control de la erosión		→					→					↘		
Regulación climática local								→		→				
CULTURALES														
Turísticos	→	↑	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Educativos	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Paisajísticos y estéticos	→	↑	↑	↑	↑	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Identidad cultural	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Religiosos y espirituales	→	→								→		→		→

Estado	Tendencia
Alto	↑ Mejora del servicio
Medio	↗ Tendencia a mejorar
Bajo	→ Tendencia estable
Inexistente	↘ Tendencia a empeorar
Desconocido	↙ Empeora el servicio

Figura 2. Síntesis de la evaluación global y del estado y las tendencias de evolución de los servicios de los catorce humedales estudiados.

De forma global, hay casi el mismo número de casos con tendencia a empeorar el servicio que con tendencia a no cambiar, mientras que sólo en dos casos el servicio mejora o tiende a mejorar.

- Respecto a los servicios culturales, aparentemente la mayoría de los humedales inventariados realizan cuatro de los cinco servicios propuestos. De forma global, la tendencia mayoritaria es a aumentar los servicios, seguida a mucha distancia de la tendencia a no cambiar.

En la Figura 3 se resumen los factores que inducen cambios directos sobre los servicios de los humedales vinculados a las aguas subterráneas, y la tendencia de evolución de su influencia. Se comentan sólo los factores que, a la vista de la figura, inducen cambios en los servicios de la mayoría de los humedales estudiados (a priori se interpreta que el resto influye poco o nada):

	Explotación intensiva de recursos														
	B.Samborombon, Argentina	Iberá, Argentina	La Salada, Argentina	Los Padres, Argentina	Lagos Rio, Brasil	Salar del Huasco, Chile	Ciénaga, Colombia	Plancon, Rep. Dominicana	Mantequilla, Ecuador	Apoyo, Nicaragua	Aguamolls Emporda, España	Doñana, España	Laguna de Estaña, España	Moli de la Vila, España	
Explotación de agua	Del humedal	↘	↗				→	→		→				↘	
	De afluentes						→	→		→	→				
	Subterránea próxima	↘	→	→	→	↘	→	→	→	→	→	→		→	
	Subterránea de la cuenca	↘	→	→	→	↘	→	→		→	→	→		→	
	Cultivos		→		→		→	→	→	↘	→			↘	
	Bosque		→							↘					
Explotación biológica	Ganadería	↘	→				→	→	→	→	→	→			
	Pesca	↘	→		→	→	→		→						
	Otros		↘									→			
Explotación mineral	Sales					↘									
	Suelos	↘													
	Rocas	↘			→					↘					
Cambios de uso del suelo	Deforestación	↘					→	→	↘	→	→	→			
	Reforestación		↗						↘			→			
	Manejo del bosque		↗						→	→	→	→	→	↑	
	Sustitución de especies			→	→				→		→	→			
	Agricultura extensiva		↗	→	→			→	→	↘	→	→			
	Ganadería extensiva	↘	↗					→	↘	→	↘				
	Urbanización		→	→	→	→		→	→	→	→	→	→	↑	
	Vías de comunicación	↗	→	↘	→	↗		↘	→	→	→	→			
	Modificación del ciclo hidrológico	Drenaje	↗	→		→		→	↑			→			
		Aporte excedentes riego								↘	→				
Uso del almacenamiento								→	→						
Acciones de recarga artificial										→					
Aporte de aguas urbanas					→	→		→	→	→					
Contaminación		Difusa agrícola	↘		→	→		→	→	↘	↘				
	Difusa atmosférica							→				→			
	Puntual urbana/industrial	↘		→	→	→		→	→	→				→	
	Efectos asociados a cambios	Calidad mineral del agua							→	→		→			
Calidad biológica del agua								↑	→	→	→	→			
Oxidación por desc. freático								→			→				
Incremento de la erosión								→	→	→	→	→			
Destrucción del suelo									→	→					
Cambio climático y global		Precipitaciones	↗	↗	↗	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↘
	Temperatura	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	
	Aumento del nivel del mar	↗				↗	↗		↗	↗	↗	↗	↗	↘	

Figura 3. Síntesis de la evaluación del papel de los distintos factores que inducen cambios en los servicios de los catorce humedales estudiados.

- Entre los factores que suponen una explotación intensiva de recursos, el que induce cambios en más casos es la explotación de agua subterránea, tanto cerca del humedal como en la cuenca, seguido de la agricultura, la ganadería y la pesca. De forma global, el impacto de la extracción de aguas subterráneas y de la agricultura aumenta en la mayoría de los casos, mientras que el impacto de la ganadería y de la pesca no cambia.
- Entre los factores que suponen cambios de uso del suelo, los que inducen cambios en los servicios con más frecuencia son la urbanización, las vías de comunicación, la creación de cultivos extensos, la introducción de ganadería extensiva y la sustitución de vegetación autóctona. De forma global, el impacto de estos cinco factores aumenta en el mismo número de casos en los que no cambia, y en una cuarta parte de los casos incluso disminuye, lo cual probablemente sea un efecto positivo de los planes de gestión.
- Entre los factores que inducen contaminación, los más extendidos son los de contaminación puntual de origen urbano o industrial, y la tendencia mayoritaria es a no cambiar.
- Entre los factores relacionados con el cambio climático y global, la precipitación y la temperatura parecen afectar en la mayoría de los casos, y el ascenso del nivel del mar en buena parte de ellos. De forma global, en la mayoría de los casos el impacto de los tres tiende a aumentar.

4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo es un primer intento de generar un nuevo marco conceptual acerca de las relaciones entre las aguas subterráneas, los humedales y los seres humanos. Se muestra el método usado para generar información acerca de humedales vinculados a aguas subterráneas en Iberoamérica y la Península Ibérica, de los servicios que los mismos aportan a los seres humanos que viven en sus áreas de influencias y la tendencia actual de evolución de los mismos, de los factores que inducen cambios directos en los servicios de esos humedales y de la tendencia de evolución de estos factores.

Para recopilar la información necesaria se ha diseñado una ficha (que se muestra aquí parcialmente) y se ha solicitado a profesionales relacionados con la investigación y con la gestión del agua que la completen. Los resultados de catorce de esas fichas se han extractado y sintetizado aquí de forma global.

En cuanto al conocimiento hidrológico de los humedales, la ficha muestra que en la mayoría existen modelos conceptuales, redes de monitoreo, información hidroquímica y en algunos casos isotópica. Los avances en gestión son desiguales aunque en todos hay algún tipo de acción.

En la parte de la ficha sobre evaluación del estado y la tendencia de los servicios que tienen lugar en cada humedal sorprende ver que muchos humedales no realizan buena parte de los servicios de abastecimiento y regulación inventariados; esto puede deberse más a un desconocimiento por parte de los profesionales que completaron la ficha en relación a dichos servicios que a una inexistencia de los mismos. También sorprende ver que hay más información en relación con los servicios culturales que con los de abastecimiento y regulación. En algunos casos los servicios culturales identificados se sustentan en encuestas a pobladores del entorno del humedal, los cuales suelen tener una mayor conciencia ambiental que se refleja en la información suministrada.

Los factores que influyen de forma más generalizada en los cambios de los humedales son la explotación intensiva de recurso, algunas actividades que suponen cambios de uso del suelo, algunos tipos de contaminación y el cambio climático y global. Es muy probable que otros factores reportados como de impacto “no existente” en realidad sí influyan, pero probablemente son desconocidos por la persona que confeccionó la ficha. Lo mismo se puede decir respecto a las valoraciones de las tendencias de evolución de cada factor.

El objetivo de las valoraciones del estado y la tendencia de evolución de los servicios de los humedales es generar información que permita arribar a conclusiones útiles para la gestión. Esto significa que para avanzar hacia el objetivo final del proyecto habrá que realizar un esfuerzo adicional en la recopilación y tratamiento de la información, además de aumentar el número de fichas. Por otro lado, dado que los conceptos involucrados en las actividades de evaluación de ecosistemas y de las tendencias de evolución de servicios son novedosos para profesionales con perfiles muy técnicos, probablemente sea necesario incorporar a la ficha un glosario que incluya los conceptos básicos, y en lo posible aumentar la contribución de los beneficiarios directos de esos servicios.

5 REFERENCIAS

- IGCP 604, 2011. Groundwater and wetlands in Ibero-america <http://www.mdp.edu.ar/hidrogeologia/IGCP604/index.php>.
- Millennium Ecosystem Assessment, MEA (2003). *Ecosystems and human well-being: A framework for the assessment*. Island Press, Washington DC, USA, 212 pp. URL: <http://www.Millenniumassessment.org/en/Framework.aspx>.
- MIMARM, 2011. *Ecosistemas y biodiversidad para el bienestar humano. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados*. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid, España. 1-304.
- Montes, C. y Lomas, P. 2012. La evaluación de los ecosistemas del milenio en España. *Ambienta*, <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Montes.htm>