



4. Consecuencias del cambio climático sobre los humedales.

Arturo Sousa Martín.
Departamento de Biología Vegetal y Ecología.
Universidad de Sevilla..

1. Introducción.

La percepción social de los humedales

Los humedales son ecosistemas que hoy están sujetos a medidas específicas de conservación, e incluso tienen un gran reconocimiento social (marismas de Doñana, Laguna de Fuente de Piedra, etc.). Sin embargo secularmente han estado sometidos a sistemáticas medidas de desecación, y han sido considerados de forma muy negativa (González Bernáldez, 1992), hasta bien entrado los años 60 del siglo pasado. ¿Cuáles son las causas de este cambio en la valoración social de estos ecosistemas?

Indudablemente son numerosas y, sin duda, están vinculadas al nivel de desarrollo y bienestar alcanzado por la sociedad española a partir de los años 60 del S. XX (como ocurre en general con todos los espacios naturales protegidos). Sin embargo en el caso de los humedales -en general- hay un componente de insalubridad tradicionalmente ligado a ellos. Así, todavía sin conocer la causa o la etiología de la insalubridad de muchos humedales, la percepción empírica que había de ellos como foco de enfermedades era clara. Veamos un ejemplo:

“... cuando llovía, de todas las del pueblo, se formaba una laguna perenne que en el verano producía mil enfermedades con la fermentación de los insectos, que en gran número se juntaban en ella...” “... así que el pueblo es ya sano desde que le quitaron la laguna de que hablé...” (D. de Lerma Martínez -Párroco de Tocina- en 1797).

Al igual que esta cita se podrían encontrar otras muchas que hacen referencia a las fiebres intermitentes, tercianas, cuartanas, etc. en Andalucía durante los siglos XVIII, XIX e incluso XX (Sousa et al., 2006a y 2006b) que no hacen sino describir a la enfermedad infecciosa más importante en número de muertes y de infectados hoy en todo el mundo: el paludismo o malaria.

Esta patología es oficialmente declarada erradicada de España, por la Organización Mundial de la Salud, en 1964 (Díaz et al., 2005). Esto explica que encontremos citas de los años 50 de algunas de las lagunas hoy sometidas al mayor rango de protección del Parque Natural de Doñana:

“...en su mayor parte conservan agua durante el verano, pero facilitan extraordinariamente la reproducción de los mosquitos (anopheles) con la consiguiente propagación del paludismo” De La Lama (1941).

Precisamente coincide la erradicación del paludismo en España con el inicio del despegue económico de los años 60, y poco más tarde se iniciaría la declaración de grandes espacios protegidos, donde se reconoce la importancia de sus humedales,

como ocurrió con el Parque Nacional de Doñana en 1969.

Este aspecto y otros relacionados con la salud humana se pueden estudiar con mayor profundidad en otro capítulo de esta misma monografía. Pero cabe preguntarse si ¿realmente conocemos el concepto de humedal?

Aunque el RAE lo define como “*Un terreno húmedo*” (Real Academia Española, 1992), según González Bernáldez (1992) “Humedal”, en sentido estricto, sería un terreno sometido a una descarga difusa de agua subterránea (sin que se manifieste forzosamente un flujo copioso de agua líquida). Esto no es óbice para que generalmente suela ser inundable y esté cubierto de vegetación freatofítica. Sin embargo este mismo autor matiza, que una definición más técnica de humedal sería toda anomalía hídrica positiva del terreno de suficiente tamaño y duración para poseer comunidades biológicas diferentes de las de su entorno, y que no es un lago ni un río. Aunque este concepto con el tiempo se ha precisado mucho más, por ejemplo en el Plan Andaluz de Humedales (Consejería de Medio Ambiente, 2002), en nuestra opinión sintetiza tres de las condiciones necesarias que debe de verificar un humedal para serlo:

- Suelos hídricos.
- Lámina de agua (o saturación recurrente en cuyo caso hablaríamos de criptohumedal).
- Vegetación hidrófila.

Independientemente de la dificultad de la conceptualización o de lo “escurridizo” del término “humedal”, lo que sí es muy relevante es la extraordinaria diversidad que hay en España de ellos. González Bernáldez (1992) recopila alrededor de 600 vocablos que hacen referencia a los humedales: *laguna permanente, laguna temporal, laguna efímera, lagunilla, lagunajo, charca, trampal, turbera, tremedal, tembladera, ojo, albufera, lavajo, gola, bodonal, cenote, chortal, galacho, ibón, lamedero, navajo, lucio, madre, ontinar, padul, pacil, restinga, reguero, rambla, salina, salar, tolo...* por seleccionar algunos ejemplos.

En general los diferentes tipos de humedales constituyen unos ecosistemas que, por su propia naturaleza, tienden a desaparecer en un proceso evolutivo de colmatación (Pérez Gago, 2001). Desgraciadamente la acción del hombre ha provocado en las últimas décadas la aceleración de este proceso de senescencia y de otros efectos igualmente negativos, de forma que se ha perdido una gran parte de su superficie original. Esto ha conducido a que sean uno de los sistemas ecológicos más amenazados de la biosfera (Prieto et al., 1998).

En este capítulo se pretende -una vez conocida la evolución reciente de los humedales- analizar cual será el impacto que sobre ellos tendrá el cambio climático,

primero en toda España, después a nivel andaluz, y finalmente concretarlo en el humedal español y andaluz más conocido y emblemático: Doñana y su entorno.

2. Evolución natural de los humedales

Lo expuesto, en el apartado anterior, explica que González Bernáldez (1992) aseverara que los humedales eran seguramente el tipo de ecosistema que ha tenido mayores y más profundas transformaciones por la acción humana. Según sus datos hasta el 75 % de los humedales han sido destruidos en Europa y en la mayoría de los países desarrollados. De este orden de magnitud es, por ejemplo, la destrucción de los bogs irlandeses en los últimos 30 años para la extracción de turba, o la desecación de bodones, lavajos y prados longares en la Meseta Norte Española a causa de la extracción de agua subterránea para riego (González Bernáldez, 1992).

Por su parte Custodio (2001) estima que en Europa y otras regiones desarrolladas del mundo la superficie de humedal destruida de manera irreversible alcanza el 80 %. Datos similares se estiman para la disminución de masas de aguas someras del estado español. Concretamente Casado & Montes (1991) y Consejería de Medio Ambiente (2002) calculan esta pérdida de humedales entre el 60-70 %, especialmente en los últimos 50 años. En el caso concreto del Parque Natural de Doñana han desaparecido más del 90 % de las lagunas turbosas (Sousa & García-Murillo, 2003). La situación se puede considerar tan grave que Hollis (1995) opina que el tipo de humedal más frecuente en Europa y en el Mediterráneo es el *“Humedal perdido”*...

3. Efectos del cambio climático sobre los humedales españoles

Una vez que conocemos cual es la evolución natural, cabe preguntarse cuál es la situación actual de los humedales y de otros ecosistemas acuáticos continentales en España, y cómo se prevé que puedan verse afectados por el cambio climático.

España posee la mayor diversidad de ecosistemas acuáticos continentales de Europa: >1.000 grandes embalses, 2.500 lagos alpinos > 0.2 ha, 50 lagos kársticos, 11 grandes cuencas hidrográficas con grandes cursos de aguas permanentes y temporales, 500 lagos generados por actividades mineras, 800 humedales > 0.2 ha (Álvarez Cobelas et al., 2005). Además, en relación con el grado de reconocimiento internacional, 49 humedales de nuestro país están incluidos en la lista del Convenio RAMSAR.

El informe preliminar del impacto del cambio climático español, en su capítulo sobre humedales (Álvarez- Cobelas et al., 2005), señala -entre otras muchas cuestiones- el riesgo de que a largo plazo algunos humedales permanentes puedan convertirse

en temporales, y otros temporales tenderán a desaparecer. Esta aseveración se enmarca dentro de las consecuencias que establecen los modelos de cambio climático en España. Ya que las previsiones del panel de expertos de la Oficina Española de Cambio Climático (Fernández González et al., 2005), consideran previsible, como consecuencia del cambio climático, la aridización de los ecosistemas mediterráneos.

Por ello la biodiversidad, en muchos de ellos, probablemente se reducirá y sus ciclos biogeoquímicos se verán alterados. Especialmente sensibles a este impacto son los ambientes endorreicos, lagunas, ríos arroyos de alta montaña, humedales costeros y ambientes dependientes de aguas subterráneas (Álvarez Cobelas et al., 2005).

4. Efectos del cambio climático sobre los humedales andaluces

Andalucía posee uno de los patrimonios más ricos, en cuanto a humedales, de toda España y de la Unión Europea (Consejería de Medio Ambiente, 2002). Hay varios datos que lo avalan:

El 17 % de los humedales españoles -en número- son andaluces; pero lo que resulta más llamativo, es que gran parte de ése 17 % corresponde a humedales litorales (como las marismas), que son los que ocupan generalmente una extensión más vasta. Esto explica que aproximadamente el 56 % de la superficie de los humedales españoles se sitúen en Andalucía (Consejería de Medio Ambiente, 2002). De ello una parte importante está protegida por alguna figura legal (76 %).

Aunque este panorama parece halagüeño, no todos los datos son tan optimistas. Así, hoy día, se sabe que se han perdido, desde el S. XIX hasta los años 70 del siglo pasado, al menos el 51 % de los humedales andaluces, lo que supone alrededor de 130.000 ha y 120 humedales desaparecidos... (Consejería de Medio Ambiente, 2002).

Aún así estos datos son incompletos. El conocimiento que tenemos de la evolución y desaparición de los humedales en los últimos tres siglos es muy escaso y superficial, debido a la dificultad metodológica de su estudio. De esta forma existen numerosos humedales que ni siquiera somos conscientes de que han existido y se han desecado, y por tanto los cálculos tienden a subestimar la superficie y número de humedales desaparecidos. Un ejemplo de ello podría ser la segunda laguna más grande de la provincia de Huelva -*la Laguna de Invierno*- que desapareció a finales del S. XIX, dentro de los límites del actual Parque Natural de Doñana, y que a pesar de que ocupaba casi 400 ha, prácticamente se había perdido la pista de su existencia (Sousa & García Murillo, 1999).

Como señala Álvarez Cobelas (2007) en el estado actual de los conocimientos, resulta muy difícil hacer aseveraciones demasiado específicas sobre el impacto del cambio climático para un territorio como Andalucía u otro cualquiera de la Península Ibérica. A pesar de esta limitación, el cambio climático probablemente dará como resultado cambios importantes en los ambientes acuáticos dulces y salobres de Andalucía, la mayor parte de los cuales no serán sino una intensificación de las pautas ya existentes debidas a los impactos humanos, no directamente asociados al cambio climático (Álvarez Cobelas, 2007).

Las políticas de adaptación, para disminuir el impacto del cambio climático sobre los humedales andaluces, deben llevarse a cabo tanto desde la oferta como desde la demanda de agua. En el primer caso, tratando de aumentar la cantidad de agua disponible para los ecosistemas acuáticos mediante políticas de ahorro. En el segundo, tratando de reorientar la demanda hacia usos de bajo consumo (Álvarez Cobelas et al., 2005). Por ello estos autores recomienda como opciones adaptativas todas aquellas que conduzcan a mejorar la calidad y la cantidad del ciclo del agua (estimulación del ahorro de agua en la agricultura, estimulación del reciclado de aguas residuales, revegetación masiva en cuencas hidrográficas con plantas autóctonas, etc.).

Los humedales andaluces más vulnerables al impacto del cambio climático serían ambientes endorreicos, lagos y lagunas de alta montaña, humedales costeros o ambientes dependientes de las aguas subterráneas (Álvarez Cobelas, 2007). Una de los humedales andaluces en el que confluyen gran parte de estas características de vulnerabilidad son los de Doñana y su entorno, ya que se trata de una zona litoral, donde existen numerosos humedales dependientes en su alimentación de las aguas subterráneas (hipogeos), y que en muchos casos no terminan drenando hacia mar sino hacia el interior de su propia cuenca (avenamiento endorreico).

Para ello vamos a estudiar cuáles han sido los efectos de los cambios climáticos y de la actividad del hombre sobre los humedales de Doñana y su entorno, para poder así establecer las pautas de cambios que tendrán en el futuro.

Las razones de centrar -a partir de ahora- el estudio en los humedales de Doñana son esencialmente dos: por un lado es uno de los pocos humedales andaluces continentales que se conoce bien cual ha sido su evolución pretérita, y en segundo lugar debido a que es el conjunto de humedales con mayor reconocimiento por figuras y diplomas nacionales e internacionales de protección, y también el más estudiado de todos los humedales españoles.

De hecho -según Pérez Gago (2001)- aproximadamente 1/3 de todas las publicaciones de humedales españoles durante la década de 1989-1999, se referían a Doñana.

5. La desaparición de los humedales de Doñana y de su entorno

Durante los últimos siglos los humedales continentales de Doñana y de su entorno han tenido una regresión muy importante. Aunque el grado de desecación y desaparición, varía según el tipo de humedal, y también lógicamente, según el período de estudio, se puede afirmar que el rango de disminución ha oscilado entre el 40 % y el 90 % de su superficie. Esto se puede ver más detalladamente en la Tabla 1.

Humedal	Período de estudio	Superficie o longitud desaparecida	Porcentaje de reducción
Lagunas turbosas de Rivatehilos	S. XVII-XX	1.854,92 ha	91.14 %
Lagunas Temporales de Abalarío	S. XVII-XX	425,83 ha	40.47 %
Lagunas Peridunares de Doñana	1920-1987	98.01 ha	70.73 %
Arroyos Atlánticos	S. XVII-XX	54.14 km	84.50 %
Cañadas de la margen derecha de La Rocina	1956-1987	50.68 km	31.64 %

Tabla 1. Datos de reducción de los humedales de Doñana y su entorno. Fuente Sousa (2004).

Estos resultados se pueden comparar con la reducción que se estima para otros humedales a nivel mundial, europeo o andaluces, y se puede apreciar que el porcentaje de reducción se ajusta a la tasa media estimada en otras zonas del mundo. Posiblemente, a medida que se profundice en la investigación sobre este tema, los datos revelen que las estimaciones medias infravaloran la superficie y número de humedales perdidos en los últimos siglos. Un detalle de ello se puede apreciar en la Figura 1.

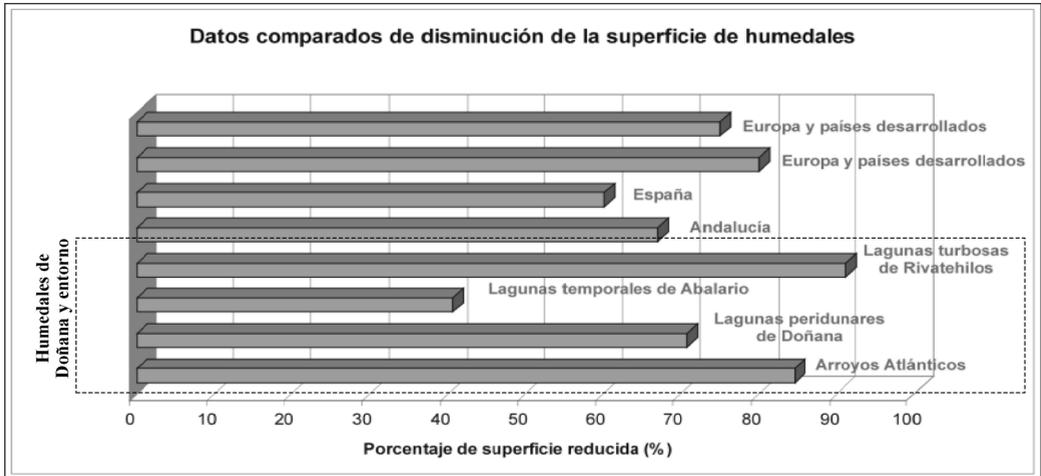


Figura 1. Disminución de los humedales de Andalucía y de Doñana y su entorno, en comparación con otras regiones del mundo. Las fuentes y citas originales de los datos se pueden consultar en Sousa (2004)

El análisis detallado, a lo largo del tiempo, de la reducción de los humedales de Doñana revela que esta progresiva desecación se inicia, al menos, a principios del S. XVII. Este proceso se acentúa durante la segunda mitad del S. XX, cuando la intervención antrópica en la zona (especialmente con reforestaciones con especies de crecimiento rápido), desarticula algunos de los humedales más importantes como las lagunas turbosas de Rivatehilos en el Parque Natural de Doñana o los arroyos atlánticos del Manto Eólico Litoral onubense. En la Figura 2 se recoge la situación de las lagunas turbosas del Parque Natural de Doñana a finales del S. XIX y en 1987.

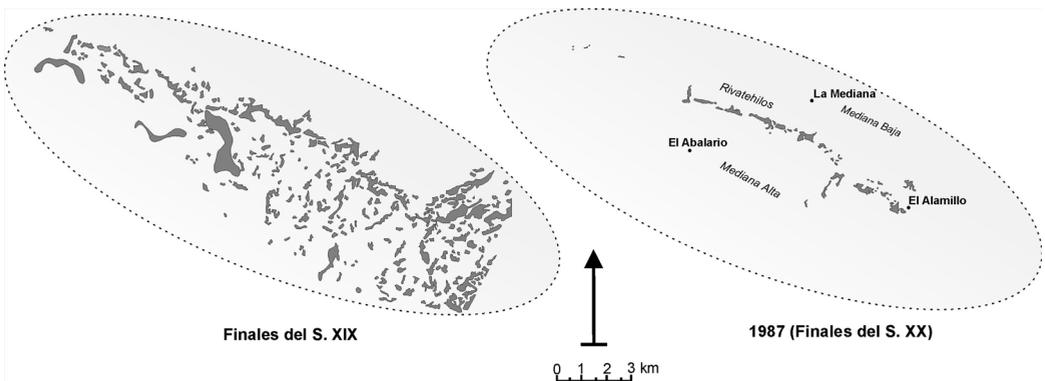


Figura 2. Situación comparada de las lagunas turbosas de Rivatehilos durante los últimos dos siglos. Modificado a partir de Sousa (2004) y Sousa et al. (2006c)

Algo parecido se puede afirmar -aunque con una intervención antrópica diferente- de los humedales del Parque Nacional de Doñana. Un buen ejemplo de ello lo puede constituir las lagunas peridunares que se sitúan en la zona de mayor protección dentro del Parque Nacional de Doñana, como se recoge en la Figura 3.

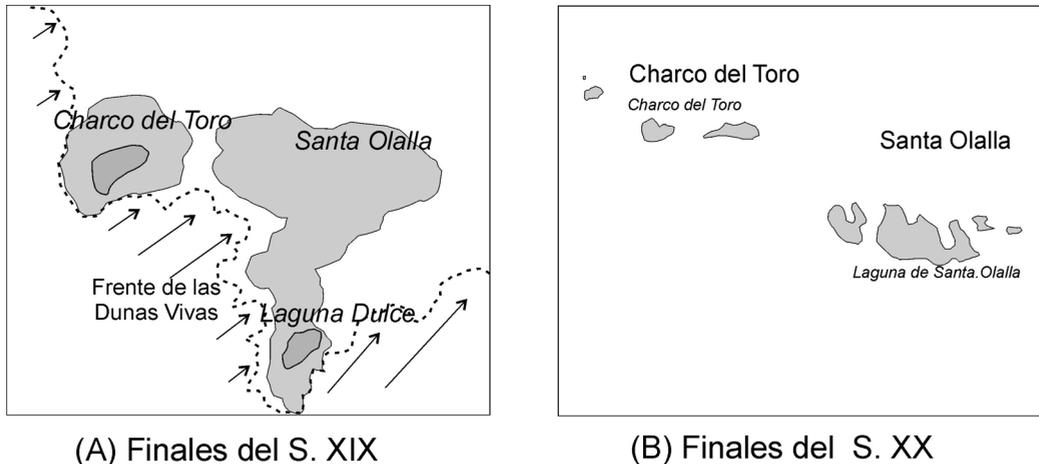


Figura 3. Situación comparada de las lagunas peridunares del Parque Nacional de Doñana durante los últimos dos siglos. Modificado a partir de Sousa (2004) y Sousa & García Murillo (2005).

A partir del S. XX se ha detectado en el área de Doñana una disminución de 1/3 del total de las precipitaciones primaverales (60 l/m^2), y un incremento en la temperatura media de las mínimas desde finales del S. XIX (García Barrón, 2000; García Barrón, 2002), como consecuencia del inicio del Calentamiento Global.

Además, desde finales del S. XIX, se ha constatado un punto de inflexión climática donde se incrementa el número de años secos-muy secos y disminuye el de húmedos-muy húmedos, asociados al final de la Pequeña Edad del Hielo (*Little Ice Age*). Como se recoge en el capítulo de *Historia del Clima de la Tierra* de esta misma monografía, en Andalucía (a diferencia del centro y norte de Europa), este período se caracteriza por una gran variabilidad climática, y por la alternancia de tres períodos especialmente húmedos con fases más secas. El conjunto de ambos procesos (fin de la Pequeña Edad del Hielo e inicio del Calentamiento Global) supone de facto una pérdida de la suavidad climática oceánica, o lo que es lo mismo un incremento de las condiciones de sequía estival, y probablemente una tendencia hacia unas condiciones de mediterraneidad más áridas. Este proceso se detecta también estudiando la composición de un grupo de algas (diatomeas) de los lagos árticos de Finlandia, y se ha denominado como *post-Little Ice Age warming* (Sorvari et al., 2002). En el caso del sur de España este proceso ha sido traducido como calentamiento posterior al final de la Pequeña Edad del Hielo (Sousa et al., 2006c), como se recoge en la Figura 4.

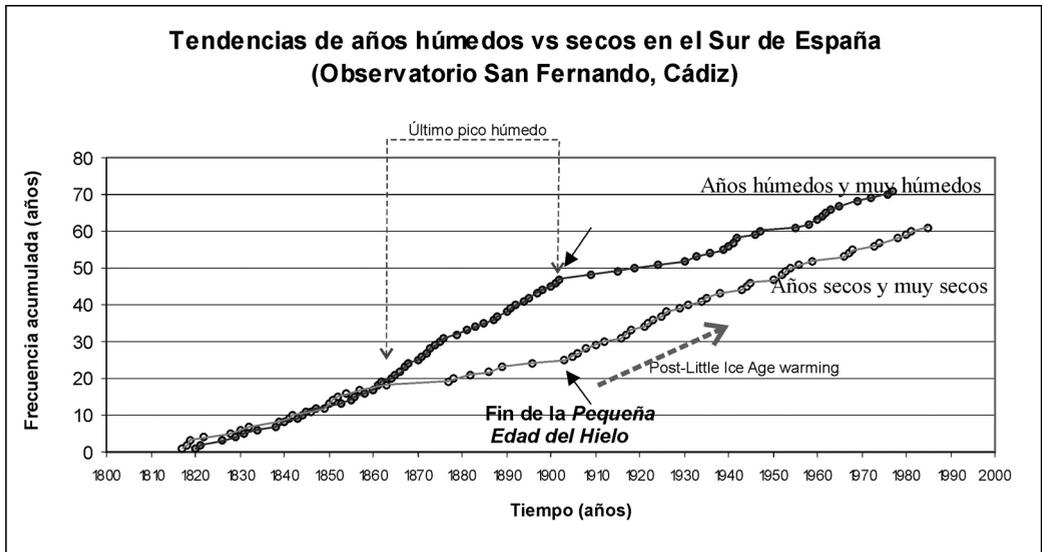


Figura 4. Final del tercer y último pulso húmedo de la Pequeña Edad del Hielo e inicio del Calentamiento Global, de acuerdo a la secuencia de años secos y húmedos en San Fernando. Tomado de Sousa (2004) y Sousa et al. (2006c)

6. Conclusiones y perspectivas de futuro

De cualquier modo, estos resultados ponen de manifiesto, que si el Calentamiento Global es tan intenso como predicen los diferentes modelos, los ecosistemas acuáticos de Doñana y su entorno van a verse afectados negativamente. Esta alteración va a depender de cuales sean las variables climáticas que se alteren más (parece más grave en el caso de cambios importantes en la cantidad o distribución estacional de la precipitación, que sobre las temperaturas). También va a depender de las diferentes características de funcionamiento, biológicas y de alimentación de los diferentes tipos de humedales, aunque todo parece indicar que los que se pueden ver más afectados sean aquellos asociados a una alimentación hipogea y con vegetación más estenohídrica (como algunas áreas de carácter higroturboso), así como aquellos elementos florísticos en cuya distribución aparecen rasgos de atlanticidad.

Todo ello pone de manifiesto que los humedales, y los diferentes procesos biológicos que en ellos se dan, pueden actuar como unos indicadores de cambio climático extraordinariamente sensibles.

No obstante es necesario una cierta cautela para no interpretar como cambios

climáticos cualquier modificación de origen antrópico. Sin embargo, en el caso concreto de Doñana y su entorno -y probablemente en otros humedales muy alterados por el hombre- también hay riesgo de infravalorar del impacto de los cambios climáticos, ya que la intensidad de la actividad antrópica puede enmascarar procesos con un origen climático.

De cualquier modo desde el S. XVII -al menos- ha habido una reducción radical de humedales y comunidades vegetales ligadas a ellos en Doñana y su entorno.

7. Agradecimientos

Los resultados que se recogen en este capítulo han sido financiados por el Ministerio Español de Educación y Ciencia (Proyecto CGL2006-07194/BOS).

Bibliografía

1. ALONSO DE LERMA MARTÍNEZ (1797), "Tocina". Alonso de Lerma Martínez, Párroco de Tocina. En: Diccionario Geográfico de Andalucía: Sevilla, Segura Graiño, C. (Ed.). Ed. Don Quijote. Sevilla.
2. ÁLVAREZ COBELAS, M. et al. (2005). "Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales". En: Moreno, J. M. (Ed.). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, pp. 109-142.
3. ÁLVAREZ COBELAS, M. (2007). "Cambio climático y ecosistemas acuáticos continentales en Andalucía". En: Sousa, A., et al. (coords.): El cambio climático en Andalucía: evolución y consecuencias medioambientales. Edita Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Sevilla, pp. 143-152.
4. CASADO, S. & MONTES, C. (1991), "Estado de conservación de los humedales peninsulares españoles", Quercus 66, pp. 18-26.
5. CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (2002), Plan Andaluz de Humedales, Junta de Andalucía, Sevilla. 218 p.
6. CUSTODIO, E. (2001), "Aguas subterráneas y humedales". VII Simposio de Hidrogeología, FERNÁNDEZ URÍA, A. (Ed.), págs. 3-30. Murcia.
7. DE LA LAMA, G. (1941), Memoria de reconocimiento y propuesta de trabajos de la finca "Coto Ibarra". Documento técnico inédito. Patrimonio Forestal del Estado, 24 p.
8. DÍAZ, J. et al. (2005), "Impactos sobre la salud humana". En: Moreno Rodríguez, J. M. (Ed.). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, pp. 727-772.
9. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ F. et al. (2005). "Impactos sobre la biodiversidad vegetal". En: Moreno, J. M. (Ed.). Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, pp. 183-248. Ministerio de Medio Ambiente.
10. GARCÍA BARRÓN, L. (2000), Análisis de series termopluviométricas para la elaboración de modelos climáticos en el suroeste de España, Tesis doctoral, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Sevilla. Sevilla, 160 p.
11. ____ (2002), "Evolución del régimen de precipitaciones en el oeste de Andalucía", Aestuaría 8, pp. 219-240.
12. GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1992), Los Paisajes del Agua. Terminología popular de los