

Dinámica hidro-geomorfológica de la laguna del Charco del Toro (Complejo Palustre del Manto Eólico Litoral de El Abalarío-Doñana). Parque Nacional de Doñana, Huelva

César Borja Barrera

Departamento de Geografía Física y
Análisis Geográfico Regional
Universidad de Sevilla
cesarborja@us.es

F. Díaz del Olmo

Departamento de Geografía Física y
Análisis Geográfico Regional
Universidad de Sevilla
delolmo@us.es

F. Borja Barrera

Área de Geografía Física
Departamento de Historia II
Universidad de Huelva
fborja@uhu.es

DINÁMICA HIDRO-GEOMORFOLÓGICA DE LA LAGUNA DEL CHARCO DEL TORO (COMPLEJO PALUSTRE DEL MANTO EÓLICO LITORAL DE EL ABALARIO-DOÑANA). PARQUE NACIONAL DE DOÑANA, HUELVA

César Borja Barrera
F. Díaz del Olmo
F. Borja Barrera

RESUMEN: Se analiza el modelo de funcionamiento hidro-geomorfológico de la laguna de Charco del Toro perteneciente al Complejo Palustre del Manto Eólico Litoral de El Abalario-Doñana (Huelva). Se definen los principales elementos estructurales y funcionales que componen el sistema y se establece un modelo teórico en el que se identifican dos escenarios opuestos para el ciclo anual: un máximo seco y un máximo húmedo. Se determina finalmente que la principal entrada de agua al humedal procede del acuífero.

PALABRAS CLAVE: Charco del Toro, complejo palustre, manto eólico litoral, El Abalario, Doñana, dinámica hidro-geomorfológica.

ABSTRACT: We analyse the hydro-geomorphological functioning model of the Charco del Toro lagoon in the El Abalario-Doñana coastal aeolian sheet's wetland complex (Huelva). The system's main structural and functional elements were defined and a theoretical model established that identified two opposing scenarios in an annual cycle: a dry maximum and a humid maximum. Lastly, it was determined that the main source of water entering the wetland comes from the regional aquifer.

KEY WORDS: Charco del Toro, wetland complex, coastal aeolian sheet, El Abalario, Doñana, hydro-geomorphological dynamic.

1. Introducción y área de estudio

El avance en el conocimiento de los aspectos relacionados con la dinámica hidro-geomorfológica de los humedales constituye una cuestión primordial a la hora de esta-

blecer directrices de gestión que aseguren su conservación. En el caso del ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía los estudios existentes acerca del funcionamiento de los ecosistemas húmedos y de su medio físico en general son bastante escasos,

centrándose la inmensa mayoría de ellos en algunos humedales concretos y permaneciendo el resto prácticamente ignorados (Borja, C. *et al.*, 2004). En el caso del Complejo Palustre del Manto Eólico Litoral de El Abalario-Doñana (MELAD), a pesar de constituir a nivel andaluz uno de los ámbitos que más número de publicaciones científicas ha generado, su análisis sistemático y detallado aún no se ha llevado a cabo, aglutinando nuevamente algunos de los humedales que componen dicho complejo palustre la mayoría de los trabajos (Santa Olalla, Dulce, Sopotón...), mientras que el resto de los 686 humedales que han sido inventariados (Ruiz-Labourdette *et al.*, 2003) son prácticamente desconocidos, hasta el punto que una gran parte de ellos no tienen ni nombre.

La laguna de Charco del Toro es un humedal perteneciente al Complejo Palustre del MELAD, unidad morfo-sedimentaria desarrollada a lo largo de la costa oriental de la provincia de Huelva (España). Dicho complejo palustre –entendido éste como el conjunto de humedales que, desde el punto de vista de su génesis y funcionamiento, comparten un mismo sistema morfogenético de referencia y se vinculan a un mismo dispositivo acuífero– viene definido por su relación genética con el desarrollo durante el Holoceno del mencionado sistema de mantos eólicos litorales del levante onubense (Borja, F. *et al.*, 2005), así como a la recarga y descarga del sistema acuífero de Doñana (Manzano *et al.*, 2002; Custodio *et al.*, 2006).

El MELAD se extiende desde la localidad onubense de Mazagón hasta la desembocadura del Guadalquivir frente a Sanlúcar de Barrameda. Constituye un complejo sistema de depósitos eólicos en el que desde el punto de vista estratigráfico se identifican un total de ocho unidades, con cronologías que abarcan desde el Pleistoceno superior hasta la actualidad (Borja, F. y Díaz del Olmo, 1994; Zazo *et al.*, 1999; Zazo *et*

al., 2005). Desde el punto de vista de su zonificación y su expresión geomorfológica y ecológica (Borja, F. y Díaz del Olmo 1996; Borja, F., 1997; Montes *et al.*, 1998; Borja, F. *et al.*, 1999), en cambio, sólo ha sido posible distinguir cinco de estos cuerpos sedimentarios (Fig. 1).

La laguna de Charco del Toro se localiza al Este de la población turística de Matalascañas, en un sector en el que entran en contacto tres de las cinco unidades morfo-sedimentarias anteriormente descritas, formando parte de la alineación de lagunas de Santa Olalla (Fig. 2). Se sitúa a una cota absoluta de 10,53 m (fondo de la cubeta baja) y una distancia al mar de algo más de 1,6 km.

2. Objetivos, material y métodos

El objetivo principal del presente trabajo lo constituye el establecimiento del modelo general de funcionamiento de la laguna de Charco del Toro. Para ello se definen y analizan los principales componentes geomorfológicos e hidrológicos del sistema natural, al tiempo que se establecen diferentes escenarios de funcionamiento que vienen determinados por la variabilidad del régimen pluviométrico y la respuesta del sistema acuífero.

Metodológicamente se parte de un análisis interrelacionado de los diferentes elementos que definen dicho modelo de funcionamiento. En primer lugar se establecen las principales características del modelado, así como de las formaciones superficiales y suelos asociados al humedal; y a continuación se lleva a cabo un seguimiento, desde el punto de vista hidrológico, de las tres variables principales: la dinámica hídrica superficial (incluidas las variaciones en las dimensiones de la lámina y la columna de agua); la dinámica hídrica subsuperficial (flujos locales); y, finalmente, la dinámica hídrica subterránea (acuífero regional).

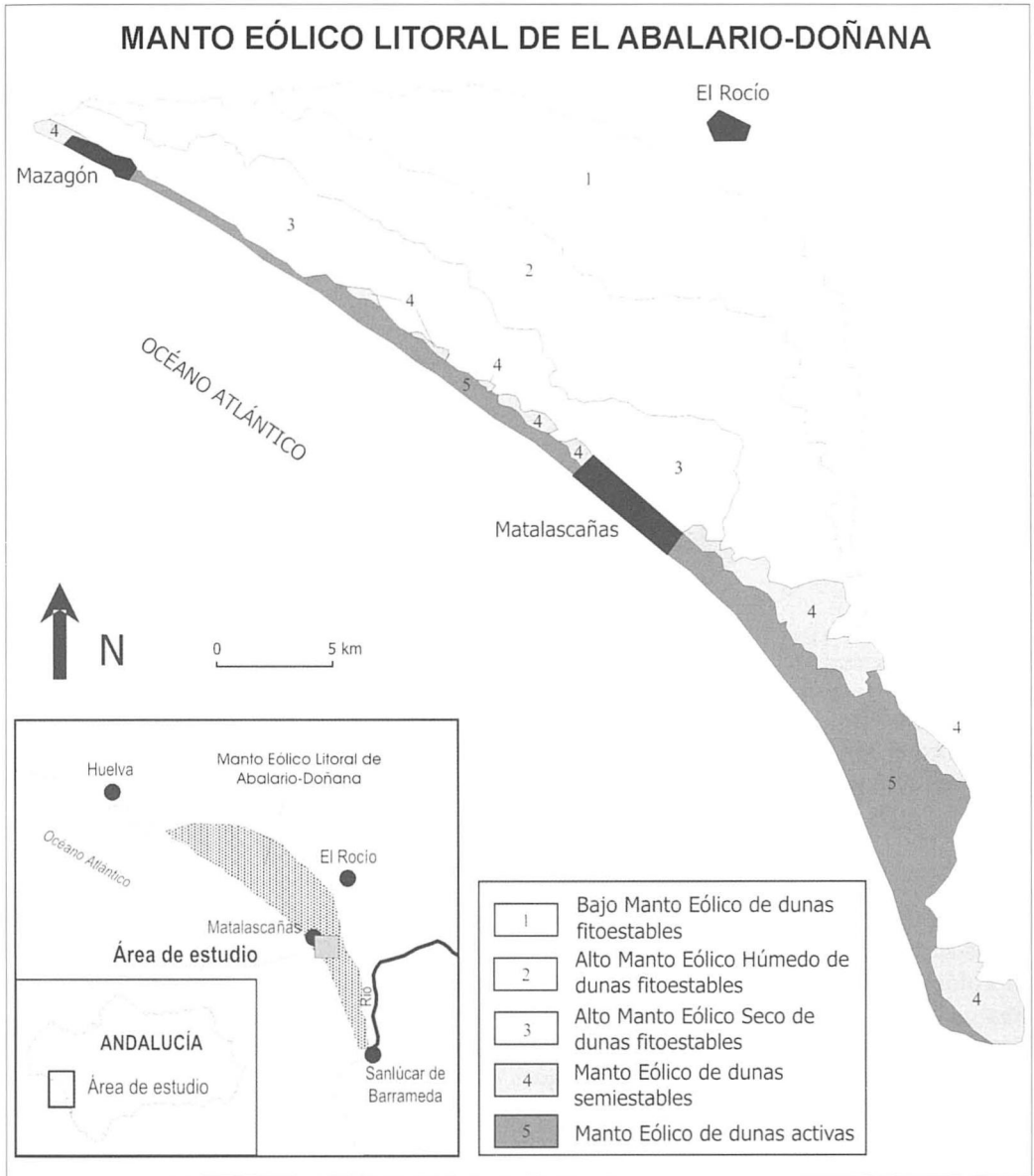


Figura 1. Localización de los diferentes mantos que constituyen el MELAD (Modificado de Borja y Díaz del Olmo, 1996).



Figura 2. Localización de la laguna de Charco del Toro en relación a los diferentes mantos que componen el MELAD y a los humedales del Complejo Palustre más próximos. La referencia numérica corresponde a las unidades sedimentarias relacionadas en la figura 1.

El seguimiento de las variables mencionadas se ha llevado a cabo para los ciclos hidrológicos 2002/03, 03/04 y 04/05, con una cadencia diaria para algunas de ellas (precipitaciones,¹ acuífero regional²), de quincenal a mensual para otras (lámina y

columna de agua superficial, presencia de agua subsuperficial), y, finalmente, puntual para aquellas otras que no requieren de una lectura continuada en el tiempo (modelado, formaciones superficiales y depósitos...).

¹ Los datos referentes al registro pluviométrico tienen carácter diario y han sido obtenidos de la Estación EM-05 (Equipo de Seguimiento de Procesos Naturales de la Estación Biológica de Doñana. <http://www-rbd.ebd.csic.es/Seguimiento/mediofisico.htm>), situada en el Palacio de Doñana a unos 9 km al E del humedal analizado.

² Los datos correspondientes a la dinámica del acuífero regional proceden del piezómetro profundo SGOP49-S1 instalado por el IGME en el extremo SW de la cubeta lagunar. El registro que abarca los tres ciclos hidrológicos analizados presenta una periodicidad horaria (una lectura cada 6 horas) y han sido facilitados por la Oficina de Proyectos de Sevilla del IGME. El piezómetro alcanza los 14,5 m de profundidad situándose el tramo de rejilla comprendido entre los 11,4 y los 14,2 m.

3. Resultados

El modelo teórico de funcionamiento del humedal plantea la existencia de dos escenarios contrapuestos a lo largo del ciclo anual: un máximo seco y un máximo húmedo. Este último supuesto es extrema-

damente variable visto desde una óptica interanual. En la figura 3 se representan de forma esquemática los principales componentes estructurales y funcionales del modelo dinámico correspondiente a la laguna de Charco del Toro para ambos escenarios.

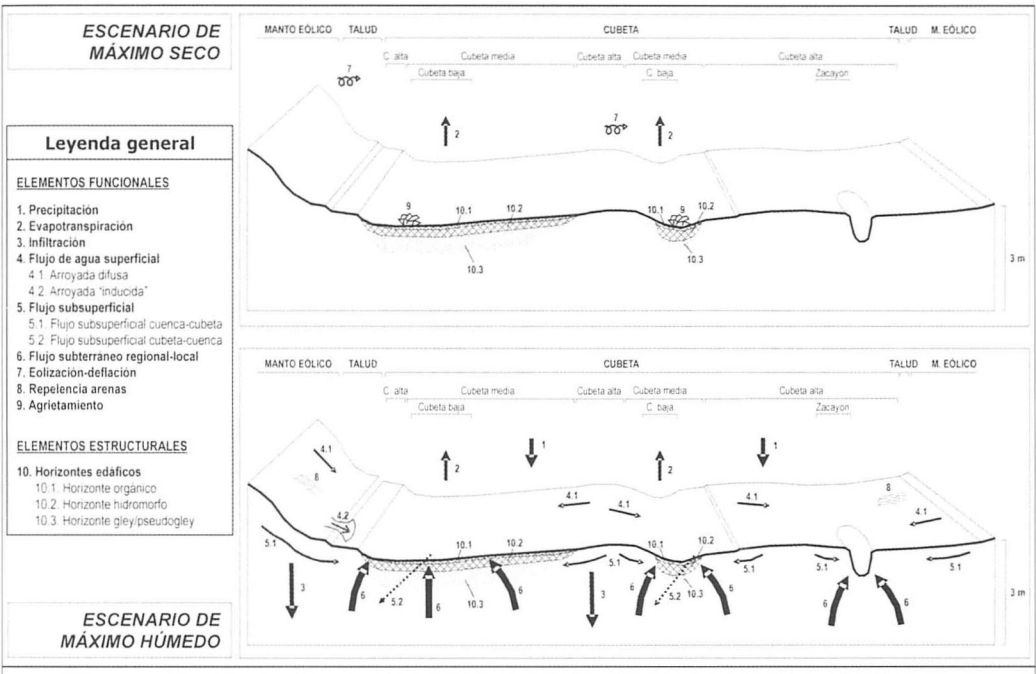


Figura 3. Componentes estructurales y funcionales del sistema palustre de la laguna de Charco del Toro para los escenarios de máximo seco y máximo húmedo.

En ella se pone de manifiesto la importancia de la participación de los aportes de agua subterráneos en el funcionamiento del humedal. Ciertamente, el análisis de los datos proporcionados por el piezómetro profundo ubicado al suroeste del humedal (SGOP49-S1) (Fig. 4), y su cotejo con un levantamiento topográfico de detalle llevado a cabo en el ámbito lagunar, indica que es el

flujo subterráneo el responsable de la aparición y el mantenimiento de la lámina de agua en el vaso lagunar durante la fase húmeda del ciclo hidrológico. El análisis detallado de la información procedente de dicho piezómetro, del registro pluviométrico, así como los datos proporcionados por los piezómetros cortos y catas manuales repartidas por los diferentes ámbitos del

humedal, permiten la identificación de escenarios diferenciados en relación con el funcionamiento del humedal. En cada uno de ellos se reconocen la inhibición o

amplificación de los efectos de algunos de los procesos hidro-geomorfológicos en función de los condicionantes impuestos básicamente por el régimen pluviométrico.

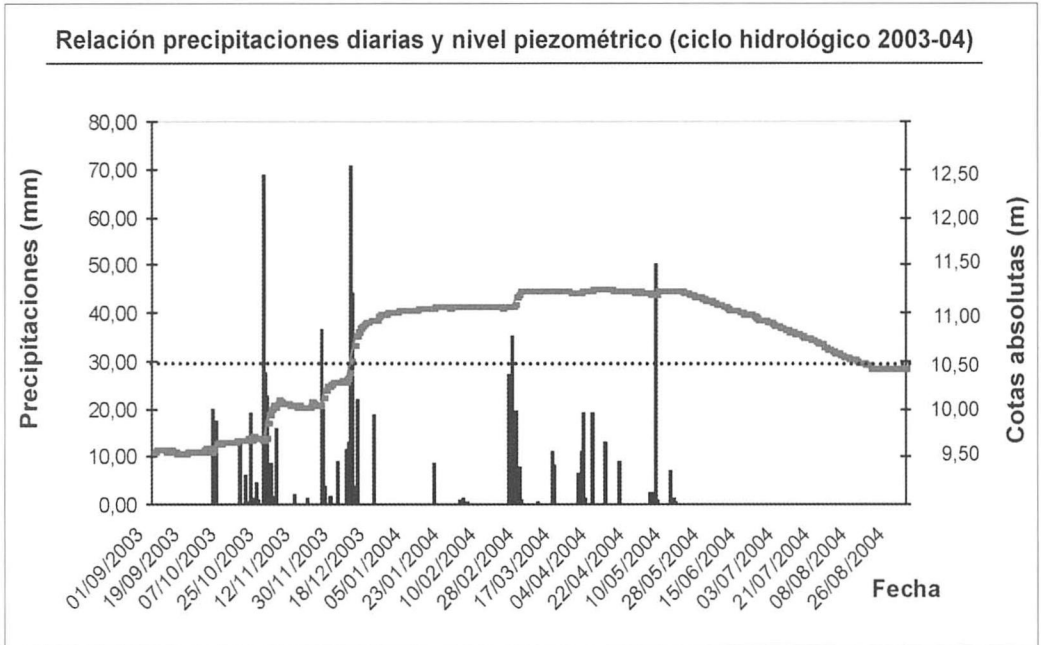


Figura 4. Relación entre las precipitaciones diarias (Estación EM-05) y la lectura del piezómetro profundo (SGOP49-S1) para el ciclo hidrológico 2003-2004. Se observa como la respuesta del piezómetro tras cada evento pluviométrico es prácticamente inmediata. La línea discontinua corresponde con el punto más bajo de la cubeta lagunar.

Así, para el ciclo hidrológico 2002/03, con una precipitación de 549,5 mm/año (algo por encima de la media situada en 537,2 mm/año) el humedal retuvo un pequeño cuerpo de agua en su cubeta baja (Fig. 5), que no sobrepasó los 0,30 m de espesor y que persistió, con algunas oscilaciones, desde diciembre de 2002 a mayo de 2003. Para este momento el piezómetro profundo marcó niveles que cortarían levemente la superficie topográfica

del fondo de la cubeta. Del mismo modo, tanto el registro del piezómetro corto (PUAM1) ubicado en la cubeta baja, como la cata CHT 1 ubicada algo más al este, corroboraron la presencia de un nivel de agua que intersecta dicha superficie topográfica durante el mismo período. Se reconoce un nivel del acuífero oscilante en torno al nivel topográfico correspondiente al fondo de la cubeta lagunar, dependiente del ritmo de las precipitaciones.

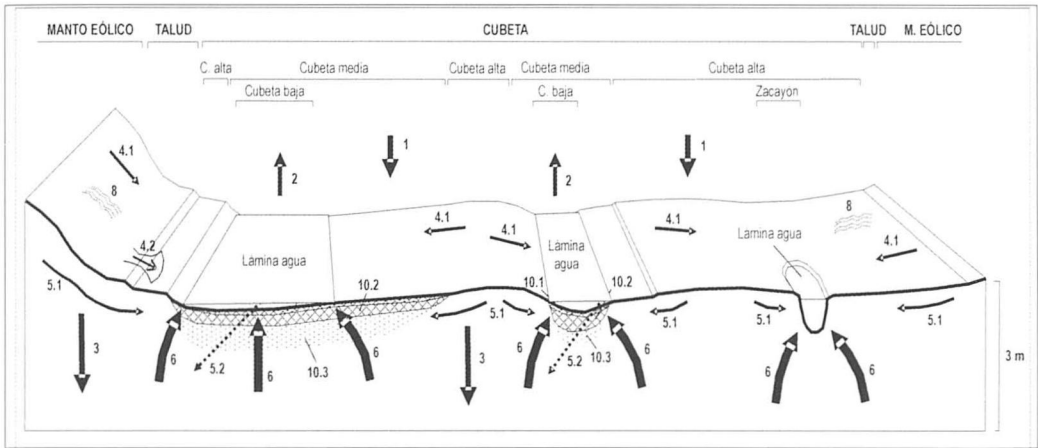


Figura 5. Escenario de funcionamiento para el máximo húmedo correspondiente al ciclo hidrológico 2002-03 con una precipitación anual en torno a la media. La leyenda numérica corresponde con la de la figura 3.

Por su parte, el ciclo hidrológico 2003-04, con un total de precipitaciones registradas cifrado en 774,9 mm (bastante por encima de la media), da lugar a la aparición de un cuadro hidrodinámico completamente diferente al que se ha constatado anteriormente (Fig. 6). Para este ciclo la laguna embalsó agua durante un periodo bastante dilatado (de noviembre a julio), ocupando la lámina superficial la práctica totalidad de la cubeta alta durante algún momento, y registrándose espesores de la columna que superaron los 0,80 m. Los datos del piezómetro profundo indicaron la existencia de niveles que habrían cortado la superficie topográfica del fondo de la cubeta baja con una altura en torno a los 0,90 m. La fase húmeda correspondiente a este ciclo se alarga prácticamente hasta los primeros días del mes de agosto, momento en que desaparece la lámina de agua superficial, aunque los niveles de aguas subsuperficiales muestran aún valores cercanos a la cota del fondo de la cubeta. Durante la fase de máxima inundación la mayor parte de los procesos que tienen lugar en el interior de la

cubeta se inhiben (arroyada difusa, arroyada inducida, repelencia arenas...), amplificándose, por el contrario, los relacionados con los flujos laterales.

Finalmente, el ciclo hidrológico correspondiente a 2004-05, con 169,8 mm corresponde al año con menores precipitaciones registradas en Doñana en los últimos 27 años. El agua acumulada en la superficie de la cubeta lagunar es prácticamente nula, salvo una pequeña y efímera provisión registrada durante el mes de octubre, resultado de la existencia de altos niveles piezométricos arrastrados aún del ciclo hidrológico anterior y de unas escasas precipitaciones otoñales (Fig. 7). A partir de este momento el agua desaparece definitivamente de la superficie lagunar y los niveles piezométricos descienden de forma acusada hasta el final del ciclo hidrológico.

4. Conclusiones

Se constata, a la vista de lo expuesto anteriormente, que el aporte de aguas procedentes del acuífero regional constituye la

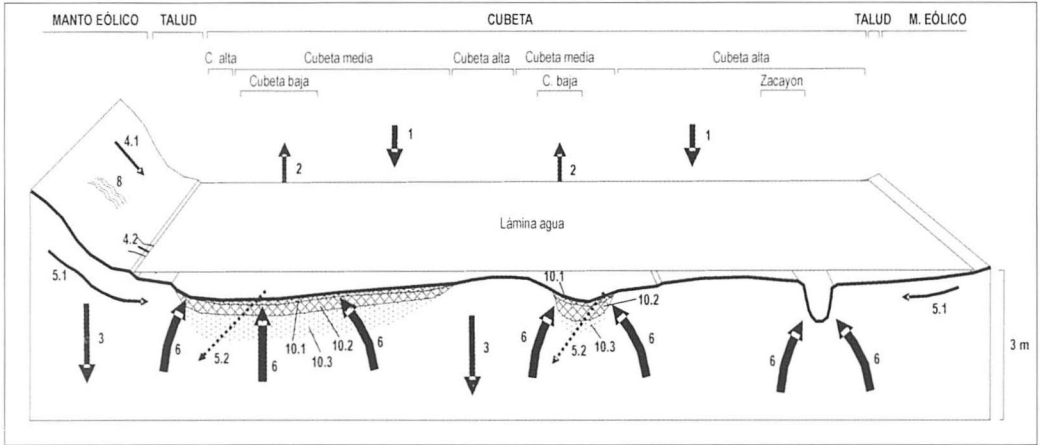


Figura 6. Escenario de funcionamiento para el máximo húmedo correspondiente al ciclo hidrológico 2003-04 con una precipitación anual por encima de la media. La leyenda numérica corresponde con la de la figura 3.

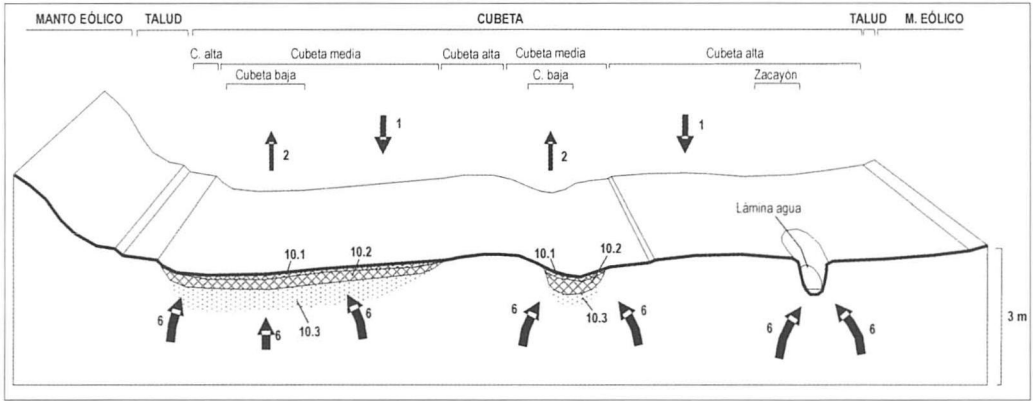


Figura 7. Escenario de funcionamiento para el máximo seco correspondiente al ciclo hidrológico 2004-05 con una precipitación anual bastante por debajo de la media. La leyenda numérica corresponde con la de la figura 3.

principal entrada de agua al humedal, pudiéndose afirmar, pues, que la laguna de Charco del Toro presenta un régimen de alimentación principalmente hipogénico, es decir, que el origen esencial del agua que embalsa el humedal es de carácter subterráneo. Para que este hecho se produzca,

son necesarias, sin embargo, unas condiciones previas. El seguimiento llevado a cabo permite afirmar que para que el sistema acuífero del sector correspondiente al entorno de la laguna de Charco del Toro entre «en carga» y comience a alimentar a la laguna, es necesario la acumulación previa

de entre 200 y 300 mm de precipitaciones, dependiendo de la situación previa de la que se venga, es decir, de si el ciclo hidrológico anterior ha sido húmedo o seco.

En cualquier caso, una vez alcanzado este umbral, la respuesta del acuífero a cada evento pluviométrico es prácticamente inmediata (de horas a pocos días) (*vid. supra* Fig. 4) transmitiéndose rápidamente sus efectos en forma de acumulación de agua en la superficie lagunar. En esa fase inicial de acumulación de precipitaciones, es posible reconocer la presencia de flujos subsuperficiales condicionados por la existencia de horizontes edáficos que, actuando como niveles prácticamente impermeables dirigen, en ciertos sectores de la laguna, de forma lateral la circulación de los flujos. Después de que esto ocurre, el agua procedente del acuífero inunda la cubeta y anula cualquier tipo de efecto relacionado con los flujos subsuperficiales, erigiéndose en el principal protagonista del funcionamiento lagunar durante un determinado periodo de tiempo.

Finalmente, la caracterización del modelo hidro-geomorfológico correspondiente al escenario húmedo de un ciclo hidrológico que se sitúe en la media en cuanto a precipitaciones, pone de manifiesto que el embalsamiento de agua en superficie no es excesivamente voluminoso ni duradero en el tiempo. Esto nos lleva a afirmar que el cuadro ecológico característico del humedal se corresponde con un modelo de funcionamiento dinámico en el que el agua subterránea se sitúa en torno a la cota topográfica correspondiente al fondo de la cubeta lagunar, oscilando arriba y abajo en función de las variaciones pluviométricas, por lo que, aún tratándose de un humedal de alimentación hipogénica queda bastante expuesto a la ocurrencia de eventos extremos (tanto de carácter seco como húmedo) y, por tanto, a la enorme variabilidad de las precipitaciones mediterráneas.

5. Agradecimientos

Proyectos de Investigación: REN 2001-1293-C02-HID (*MADRE II*); CGL2005-01336/BTE. Es una contribución al IGCP 495. Oficina de Proyectos del IGME de Sevilla.

Bibliografía

BORJA, C., BORJA, F. y LAMA, A. (2004): Revisión y análisis de la producción científica relacionada con el medio físico de los humedales andaluces. En: J.A. Márquez y M. Gordo (Eds.), *Fronteras en Movimiento*. Universidad de Huelva Publicaciones, Huelva, págs. 297-306.

BORJA, F. (1997): Dunas litorales de Huelva (SW de España). Tipología y secuencia Pleistoceno superior-Holoceno. En: J. Rodríguez Vidal. (Ed.), *Cuaternario Ibérico*. AEQUA, Huelva, págs. 84-97.

BORJA, F. y DÍAZ DEL OLMO, F. (1994): El acantilado de El Asperillo: Cuaternario reciente y fases históricas en el litoral de Huelva. *Geogaceta*, nº 15, págs. 101-104.

BORJA, F. y DÍAZ DEL OLMO, F. (1996): Manto Eólico Litoral de El Abalarío (Huelva): Episodios morfogenéticos posteriores al 22.000 BP. En A. Pérez *et al.* (Eds.), *Dinámica y Evolución de Medios Cuaternarios*, Santiago de Compostela, págs. 375-390.

BORJA, F., ZAZO, C., DABRIO, C. J., DÍAZ DEL OLMO, F., GOY, J. L. y LARIO, J. (1999): Holocene aeolian phases and human settlements along the Atlantic coast of southern Spain. *The Holocene*, nº 9 (3), págs. 333-339.

BORJA, F., DABRIO, C., ROQUERO, E., ZAZO, C., BORJA, C., LARIO, J., DÍAZ DEL OLMO, F. y RUBIO, J. C. (2005): Holocene evolution of Huelva coast. En: F.J. Gracia (Ed.), *Field Trip Guide A-4*,

6th Intern. Conference on Geomorphology, Zaragoza, págs. 12-15.

CUSTODIO, E., DOLZ, J. y MANZANO, M. (2006): *Recursos de agua en la Comarca de Doñana*, Fundación Doñana 21. Inédito, pp. 190.

MANZANO, M., BORJA, F. y MONTES, C. (2002): Metodología de tipificación hidrológica de los humedales de Doñana con vistas a su valoración funcional y su gestión. Aplicación a los humedales de Doñana. *Boletín Geológico y Minero*, nº 113 (3), págs. 313-330.

MONTES, C., BORJA, F., BRAVO, M. A. y MOREIRA, J. M. (1998) (Coords.): *Reconocimiento Biofísico de Espacios Naturales Protegidos. Doñana: una Aproximación Ecosistémica*. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Sevilla, pp. 311.

RUIZ-LABOURDETTE, D., COLETO, M.C., BORJA, C., BRAVO, M. A., BORJA,

F., MANZANO, M. y MONTES, C. (en prensa). *Complejo palustre de los arenales litorales de Doñana*. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Sevilla. Mapa.

ZAZO, C., DABRIO, C. J., BORJA, F., GOY, J. L., LEZINE, A. M., LARIO, J., POLO, M. D. y HOYOS, M. (1999): Pleistocene and Holocene aeolian facies along the Huelva coast (southern Spain): climatic and neotectonic implications. *Geologie in Minjbouw*, nº 77, págs. 209-224.

ZAZO, C., MERCIER, N., SILVA, P. G., DABRIO, C. J., GOY, J. L., ROQUERO, E., SOLER, V., BORJA, F., LARIO, J., POLO, D. y LUQUE, L. (2005): Landscape evolution and geodynamic controls in the Gulf of Cadiz (Huelva coast, SW Spain) during the Late *Quaternary*. *Geomorphology*, nº 68, págs. 269-290.