

La información a largo plazo como herramienta clave para la evaluación de los cambios ambientales en las tablas de Daimiel: LTER-Daimiel

S. Sánchez-Carrillo^{1*}, M. Álvarez-Cobelas¹, S. Cirujano², M. Carrasco-Redondo³, A. Díaz-Cambronero³

(1) Museo Nacional de Ciencias Naturales, MNCN-CSIC, C/ Serrano 115 dpdo, 28006-Madrid, España

(2) Real Jardín Botánico, RJB-CSIC, Pza. de Murillo 2, 28014-Madrid, España

(3) Parque Nacional Las Tablas de Daimiel, OAPN, Parque del Carmen s/n, 13250-Daimiel, Ciudad Real, España

* Autor de correspondencia: S. Sánchez-Carrillo [sanchez.carrillo@mncn.csic.es]

> Recibido el 26 de mayo de 2015 - Aceptado el 26 de diciembre de 2015

Sánchez-Carrillo, S., Álvarez-Cobelas, M., Cirujano, S., Carrasco-Redondo, M., Díaz-Cambronero, A. 2016. La información a largo plazo como herramienta clave para la evaluación de los cambios ambientales en las tablas de Daimiel: LTER-Daimiel. *Ecosistemas* 25(1): 04-08. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.02

La mayor parte de los procesos ecológicos sólo pueden entenderse desde una perspectiva temporal larga. Los ecosistemas están cambiando de un modo tan complejo que todavía estamos intentando detectar cómo lo hacen y a qué ritmo ante la compleja red de estresores a que están sometidos. Las observaciones a largo plazo existentes en el nodo LTER-Daimiel nos permiten evaluar las causas y los efectos de los principales cambios ambientales ocurridos en Las Tablas de Daimiel durante los últimos 70 años. En este trabajo presentamos tres ejemplos que ponen de manifiesto la validez de las observaciones a largo plazo en la interpretación de diversos fenómenos ambientales ocurridos en el humedal, en contraposición a lo que proporcionan registros temporales limitados.

Palabras clave: Humedales; cambio global; largo plazo; conservación; procesos ecológicos.

Sánchez-Carrillo, S., Álvarez-Cobelas, M., Cirujano, S., Carrasco-Redondo, M., Díaz-Cambronero, A. 2016. Long-term observations as a key tool for the assessment of environmental changes in Las Tablas de Daimiel: LTER-Daimiel. *Ecosistemas* 25(1): 04-08. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.02

Most ecological processes can only be understood from a long-time perspective. Ecosystems are changing in such a complex way that we are still trying to identify how and at what rate they are changing according to the complex network of stressors that impinges on them. The existing long-term observations in the LTER-Daimiel node allow us to assess the main causes and effects of major environmental changes in Las Tablas de Daimiel for the past 70 years. We show three examples of the validity of long-term observations as opposed to short-term records to assess the effects of various environmental impacts occurring in the wetland.

Key words: Wetlands; global change; long-term; conservation; ecological processes.

Introducción

El cambio climático global, los cambios en los usos del suelo, los cambios demográficos y socioeconómicos y las consecuencias de la globalización han dado lugar a modificaciones ambientales extremadamente complejas (Schlesinger 1996). La mayor parte de estos procesos no son detectables en observaciones anuales y son necesarias décadas para entender su dinámica y evaluar sus consecuencias. Los roles de los procesos a largo plazo se están convirtiendo en elementos centrales de la actividad científica e incluso de los debates políticos (Müller et al. 2010a). Sin embargo, a pesar su reconocida importancia en la evaluación de impactos como la deforestación, la eutrofización o los efectos toxicológicos de la exposición a ciertas sustancias, aún no puede considerarse que sea el elemento común en la observación de los procesos naturales, aunque por fortuna estamos asistiendo a un cambio de tendencia marcado por los efectos del cambio ambiental global (Müller et al. 2010b). Todos asumimos, incluso los gestores más escépticos, que la toma de decisión en aspectos ambientales debe basarse en ob-

servaciones a largo plazo, pero la mayor parte de los proyectos o trabajos técnicos se basan aún en registros a corto plazo.

Los diferentes horizontes temporales de observaciones y medidas pueden conducir a conclusiones diferentes y, por lo tanto, las extrapolaciones temporales siempre son muy arriesgadas. La teoría de la jerarquía dice que existe un mecanismo de control en el orden temporal de los ecosistemas y sugiere que los procesos a largo plazo (que operan principalmente en escalas espaciales amplias) restringen a los procesos rápidos (que funcionan en escalas espaciales pequeñas), lo que limita sus grados de libertad (O'Neill et al. 1989, Callahan 1991). Si bien estos conceptos tienen solidez teórica, su evidencia empírica no se ha demostrado ampliamente hasta ahora, debido a la falta de conjuntos de datos.

Los aspectos clave para entender el funcionamiento y las respuestas de los sistemas ecológicos ante las perturbaciones, como los estados alternativos y la resiliencia, se alimentan de las observaciones a largo plazo. Hoy sabemos que los sistemas ecológicos existen bajo diferentes estados alternativos (Beisner et al. 2003)

y que pueden absorber una parte de la alteración antes de cambiar de un estado a otro (Walker et al. 2004). Esta medida es lo que denominamos “resiliencia”, que viene marcada por un umbral crítico, a partir del cual los sistemas ecológicos pueden someterse a un cambio de régimen, es decir, son empujados hacia un estado alternativo con nuevas estructuras, funciones y procesos (Scheffer et al. 2001). Cada vez hay más voces que claman a favor de que los esfuerzos de gestión se hagan para controlar la resiliencia de los ecosistemas en lugar de para mantenerlos como eran hace 50 años, cuando los impactos de múltiples factores del cambio global no estaban presentes o, al menos, no con la misma intensidad (Chapin III et al. 2004).

El Parque Nacional Las Tablas de Daimiel

El humedal de Las Tablas de Daimiel (39° 08'N, 3° 43 'W, Ciudad Real, Castilla-La Mancha) fue declarado Parque Nacional en el año 1973, Reserva de la Biosfera en 1981 e incluido dentro del Convenio Ramsar en 1982. El ecosistema conforma el núcleo de la Reserva de la Biosfera “La Mancha Húmeda” (≈8000 km²), una de las principales regiones de humedales del sur de Europa, con un área potencialmente inundable de ≈16 km² (profundidad media de 0.9 m). El área inundada sufre grandes fluctuaciones estacionales anuales que dan lugar a cambios drásticos de los hábitats durante los ciclos más secos. Las Tablas de Daimiel es el único superviviente de un extenso humedal de llanura de inundación que cubría un área de entre 150-250 km² a principios del siglo XX y que, desde la década de 1950, se redujo drásticamente, a la par que su integridad ecológica (véase para más información Sánchez-Carrillo y Angeler 2010). Desde 2014, Las Tablas de Daimiel es un nodo de la red LTER-España.

La degradación de los humedales en España y la supervivencia de Las Tablas de Daimiel

A pesar de su aridez, nuestro territorio es rico en humedales, si bien muchos de ellos o han desaparecido durante el siglo pasado o están muy alterados. Aunque conocemos las principales amenazas –deseccación, eutrofización, acumulación de materia orgánica, colmatación, salinización e invasión de especies exóticas (Cirujano et al. 2009)–, en general desconocemos cómo responden los humedales ante ellas y, en muchos casos, observamos al ecosistema en un estado que no representa lo que fue en el pasado y no sabemos cómo y bajo qué causas llegó hasta ahí. Los registros a largo plazo son básicos para romper esta limitación, comenzar a entender hacia dónde se dirigen nuestros humedales y plantear estrategias integrales de gestión que aseguren su conservación.

Las Tablas de Daimiel es el ejemplo clásico de los avatares ambientales que ha sufrido un humedal del interior de la Península Ibérica desde mediados del siglo XX: canalización, desecación, uso como tierra de cultivo, sobreexplotación hídrica, restauración, incendios, aumento de contaminación orgánica, cambio de condiciones iónicas del agua y un largo etcétera de impactos de menor grado (Sánchez-Carrillo et al. 2010). Por suerte o por desgracia, Las Tablas de Daimiel son un laboratorio ambiental que nos ofrece mucha información sobre cómo responden a largo plazo los procesos ecológicos ante diferentes perturbaciones, muchas de ellas simultáneas y variables en intensidad tanto en el tiempo como en el espacio, y ante la gestión que se realiza dentro y fuera del ecosistema. LTER-Daimiel surge con ese interés, aprovechando las largas series temporales de registros ambientales y biológicos con que se cuenta, fruto, por una parte, de los registros rutinarios que realiza el propio Parque Nacional y, por otra, de numerosos estudios científicos llevados a cabo desde casi hace 40 años (Pascual Terrats 1976) hasta la fecha. En este estudio presentamos tres ejemplos que muestran la utilidad de las fuentes de datos a largo plazo para evaluar los efectos de los cambios ambientales sufridos en Las Tablas de Daimiel y contrastamos cómo hubiera sido su posible interpretación si las series temporales hubiesen resultado más cortas.

Las Tablas de Daimiel y su evolución histórica

Todos entendemos que un ecosistema es algo dinámico que nunca permanece igual, aunque nosotros por fines científicos lo estudiemos con una visión estacionaria. Las Tablas de Daimiel existen desde hace más de 250 000 años y desde entonces han pasado de ser un lago profundo a un sistema somero fluctuante, con diferentes fases intermedias reversibles dependiendo de las condiciones hidroclimáticas (Ruíz-Zapata et al. 2010). Existen indicios de que ya era un sistema intervenido por el hombre en el siglo X, donde mediante numerosos molinos de agua se mantenía una elevada inundación que fomentaba los primeros síntomas de eutrofización típicos de un humedal: una elevada producción de macrófitos emergentes (Ruíz-Zapata et al. 2010). Sin embargo, la intensidad y la velocidad de los cambios ocurridos durante los últimos 60 años parece que no tienen parangón.

La aridez del clima y la situación de Las Tablas de Daimiel a largo plazo

La inundación es probablemente el factor clave en la ecología de los humedales (Mitsch y Gosselink 2000). En la Figura 1a está representada la evolución de la superficie encharcada mensualmente en Las Tablas de Daimiel desde 1944. Es evidente el cambio en la regularidad de la inundación desde el año 1974, con la aparición de un humedal muy fluctuante desde 1981. En la imagen puede verse claramente cómo desde entonces el sistema pasa irregularmente de periodos secos, cada vez más prolongados, a húmedos sin ninguna pauta. La causa de esta situación hidrológica puede explicarse muy bien gracias a la longitud de la serie temporal: si nuestra serie temporal se limitase al periodo 1975-2008, la conclusión inmediata sería que la falta de lluvias, representada por el índice de precipitación estandarizado (SPI), no condiciona la variabilidad hidrológica del humedal (Fig. 1b). Sin embargo, el análisis de la serie de datos de inundación del periodo 1944-1974, antes de la sobreexplotación hidrológica padecida por Las Tablas de Daimiel (López Camacho et al. 1996), nos revela que en ese periodo los cambios en el régimen de lluvias sí determinaban la variabilidad del nivel de agua (Fig. 1b). Es decir, sin la existencia de esas observaciones a largo plazo, las conclusiones nos dirían que el humedal siempre ha vivido de espaldas al clima, algo que se traduciría en graves errores de entendimiento de lo que está pasando en el entorno regional.

La respuesta de los helófitos de Las Tablas de Daimiel a largo plazo ante los cambios ambientales

Las plantas acuáticas, y en particular las formaciones de macrófitos emergentes (helófitos), son las comunidades más importantes en términos cuantitativos (biomasa) en Las Tablas de Daimiel. Existen reconstrucciones de las coberturas de los carrizales (*Phragmites australis*) y de los masegares (*Cladium mariscus*), las dos formaciones de helófitos más importantes del Parque Nacional, apoyadas en diferentes vuelos y mapas, que nos permiten evaluar sus cambios en relación a diferentes perturbaciones, principalmente la inundación. Gracias a la serie temporal larga sabemos que la masiega está en declive desde mediados de la década de 1950, que el Plan de Regeneración Hídrica, creado en 1986 para evitar la desaparición del humedal e incrementar la superficie inundada, no ha evitado ese empeoramiento y que, por el contrario, puede haber favorecido la expansión del carrizo y que, desde entonces, la cobertura de los macrófitos fluctúa a la par de las condiciones hidrológicas (Álvarez-Cobelas et al. 2001), a diferencia de los que ocurría previamente (Fig. 2a). La sequía favorece al carrizo, pero hasta un umbral, cuando es reemplazada por vegetación terrestre (véase el periodo 2007-2010, Fig 2a). En cuanto a ese declive de las poblaciones de masiega, una serie temporal de 13 años nos revela estrategias y cambios, hasta ahora desconocidos, de esta especie: una elevada plasticidad en periodos de sequía inmediatos a años húmedos, que redundan en incrementos de la biomasa,

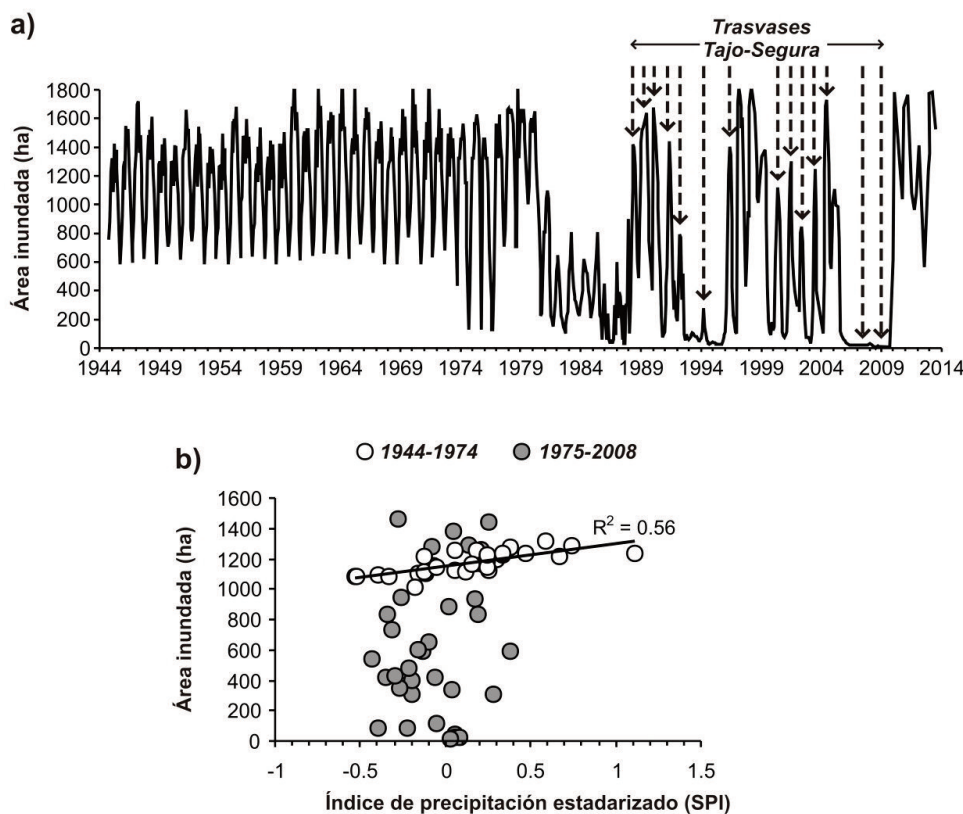


Figura 1. La hidrología de Las Tablas de Daimiel durante los últimos 70 años; a) cambios en la inundación mensual desde 1944 a 2014, mostrando los diferentes trasvases que han aportado agua al humedal, b) relación entre el área inundada y el índice de precipitación estandarizado (SPI: que representa el número de desviaciones estándar de la precipitación caída a lo largo del período respecto de la media) para diferentes periodos hidrológicos: 1944-1974 y 1975-2008.

Figure 1. The hydrology of Las Tablas de Daimiel wetland during the past 70 years; a) mean monthly inundation in the wetland from 1944 to 2014, showing the water diversions (trasvases Tajo-Segura) which provided water to the wetland during droughts, b) relationship between the wetland inundation area and the Standardized Precipitation Index (SPI: representing the annual rainfall deviation from the normal (average) precipitation for two contrasted hydrological periods: 1944-1974 and 1975-2008, before and after the hydrological overexploitation).

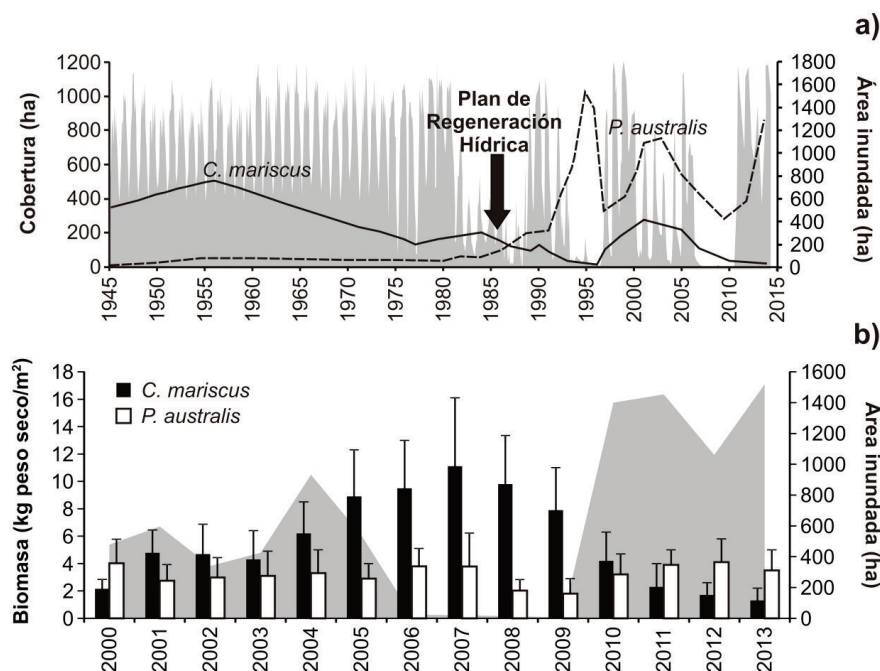


Figura 2. a) Cobertura anual de carrizales (*Phragmites australis*) y masegares (*Cladium mariscus*) en Las Tablas de Daimiel desde 1945 al presente, con la variación de la superficie inundada de fondo (color gris), b) biomasa media anual (las barras representan la desviación estándar) de carrizo y masega en el periodo 2000-2013 en Las Tablas de Daimiel (de fondo la superficie inundada media anual).

Figure 2. a) Reed (*Phragmites australis*) and cut-sedge (*Cladium mariscus*) annual cover changes in Las Tablas de Daimiel from 1945 to the present and b) annual average aboveground biomass of reed and cut-sedge stands in Las Tablas de Daimiel for the period 2000-2013 (bars representing the standard deviation). Gray background areas are wetland inundation (monthly and annual, respectively).

pero que a la larga genera un desgaste que no es posible remediar ni en años potencialmente favorables (Fig. 2b; véase Ortiz-Llorente 2013). Estos registros muestran también cómo la producción de especies más oportunistas como el carrizo no cambia demasiado en función de la bonanza hidrológica: ni por exceso ni por defecto (Fig. 2b).

El declive a largo plazo de la biodiversidad de la avifauna acuática de Las Tablas de Daimiel como una respuesta al deterioro del ecosistema

Aunque existen numerosos intentos de usar a la comunidad de aves acuáticas como indicadora del estado ecológico de los humedales (e.g. Ogden et al. 2014), realmente hay muy poca información sobre cómo las especies de aves palustres se adaptan a los cambios de los hábitats y qué especies dependen más de la conservación de los ecosistemas (Rendón et al. 2008). En Las Tablas de Daimiel hay censos de avifauna palustre desde 1968, si bien son más fidedignos desde la década de 1980, que nos proporcionan una visión muy amplia del comportamiento de esta comunidad (Fig. 3). Existe un declive documentado de la riqueza de especies de aves acuáticas en Las Tablas de Daimiel (Álvarez-Cobelas 2010). Aunque en las últimas décadas se observe una tendencia paralela del número de aves invernantes en relación a la superficie inundada en enero, lo cierto es que si nos fijamos de los registros a largo plazo, estos muestran que hasta 1978 ese número era muy bajo, a pesar de contar con una inundación favorable (Fig. 3). Especies como el ánade azulón (*Anas platyrhynchos*), la población de invernantes más numerosa del humedal, que mostró un boom al inicio del periodo de irregularidad hidrológica, muestra una tendencia decreciente desde entonces de acuerdo al patrón registrado (Fig. 3). Otras especies como la cerceta común (*Anas crecca*), el pato cuchara común (*Anas clypeata*) o el pato colorado (*Netta rufina*) responden anualmente de forma muy variable, dependiendo en mayor o menor medida a la inundación como una variable indirecta (Fig. 3). La carga de nutrientes en el agua y los cambios en la estructura de la comunidad piscívora están influyendo en la variabilidad observada de la avifauna, aunque aún no haya sido posible sentar las bases más que en alguna especie aislada (Álvarez-Cobelas 2010). La reducción de la inundación y el aumento de las entradas de aguas contaminadas han transformado al humedal en un sistema de aguas turbias, dominado por especies muy voraces como la carpa (*Cyprinus carpio*) y, más recientemente, el pez gato (*Ameiurus melas*; Angeler y Sánchez-Carrillo 2010). En los ciclos de aguas claras, en los que la contaminación se reduce, la carpa contribuye severamente al deterioro de las praderas de carófitos, limitando la disponibilidad de alimento para la avifauna herbívora que visita el ecosistema en invierno, la cual muestra un declive acorde con el deterioro del hábitat, algo también observado en Doñana (Rendón et al. 2008). Por el contrario, otras especies más versátiles, principalmente piscívoras como el cormorán común (*Phalacrocorax carbo*) y las ardeidas (*Nycticorax nycticorax*, *Ixobrychus minutus*, *Botaurus stellaris*, *Egretta garzetta*, *Egretta alba*, *Bubulcus ibis*, *Ardea purpurea*, *Ardea cinerea*), se están viendo favorecidas por la situación actual y por la capacidad de obtener recursos en otros hábitats de menor calidad (Fig. 3), cosa que también se ha constatado en otros humedales mediterráneos (Robledano et al. 2011).

Conclusiones

La visión de los cambios en ecosistemas sometidos a perturbaciones múltiples varía con la escala temporal considerada. La respuesta de muchos procesos ecológicos requiere de un desfase temporal que es imposible conocer con los periodos habituales de observación (3-4 años). En Las Tablas de Daimiel, un humedal sometido a numerosos e intensos episodios de degradación durante los últimos 60 años (Sánchez-Carrillo et al. 2010), los registros a largo plazo de variables ambientales y biológicas nos han permitido entender mejor cómo el ecosistema se ha transformado en un

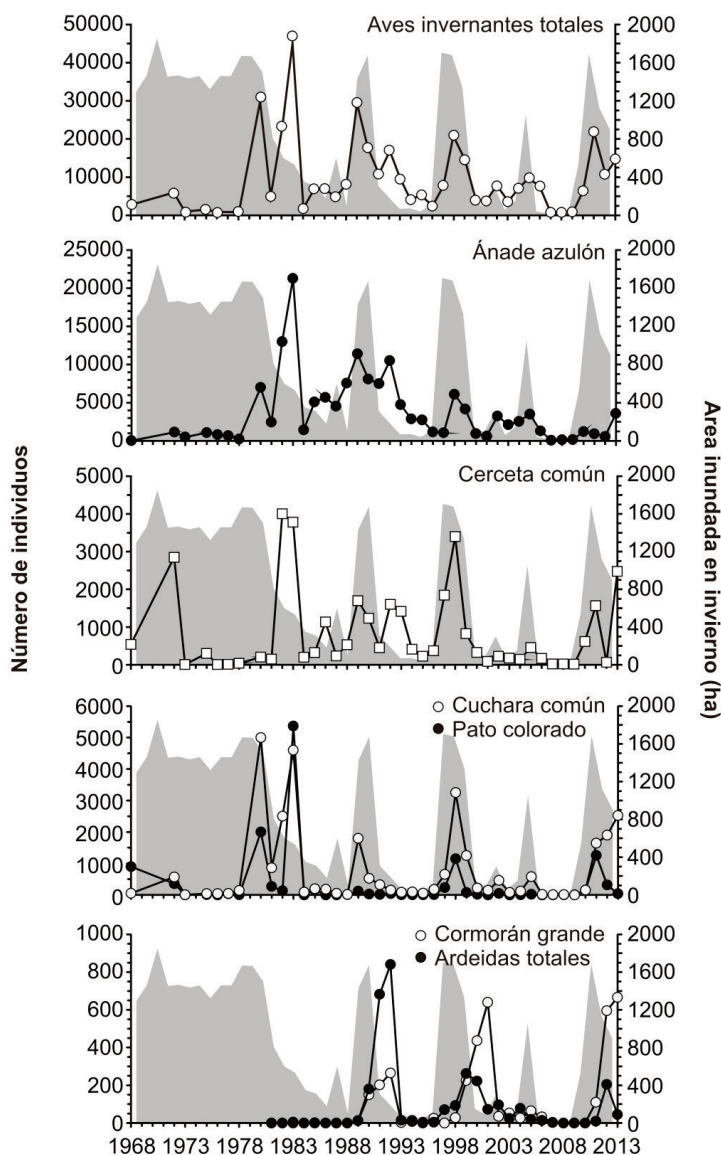


Figura 3. Tendencia temporal de la avifauna palustre invernante en Las Tablas de Daimiel desde 1968. Los censos de cormoranes y ardeidas se iniciaron en 1981. De fondo, el área inundada en enero de cada año (área de color gris).

Figure 3. Trend of waterfowl wintering in Las Tablas de Daimiel from 1968. Censuses of cormorants and herons began in 1981. In the background, the wetland inundation in January each year (gray).

nuevo estado y cómo y a qué velocidad la estructura de las comunidades han cambiado para adaptarse a ese nuevo estado. LTER-Daimiel cuenta con la infraestructura (equipamiento científico, personal especializado, métodos estandarizados de muestreo, etc.) y con los registros necesarios como para convertirse en referente internacional en el estudio de los efectos del cambio global en los humedales. De estas observaciones a largo plazo y de las conclusiones que podamos extraer dependerá, en gran medida, la conservación de Las Tablas de Daimiel y de otros humedales mediterráneos.

Referencias

- Álvarez-Cobelas, M., Cirujano, S. Sánchez-Carrillo, S. 2001. Hydrological and botanical man-made changes in the Spanish wetland of Las Tablas de Daimiel. *Biological Conservation* 97: 89-97
- Álvarez-Cobelas, M. 2010. Fish and avian communities: a testimony of wetland degradation. En: Sánchez-Carrillo, S., Angeler, D.G. (eds). *Ecology of Threatened Semi-Arid Wetlands: Long-term research in Las Tablas de Daimiel*, pp. 197-2012. Series Wetlands: Ecology, Conservation and Management, Volume 2. Springer, Dordrecht, Países Bajos.

- Angeler, D.G., Sánchez-Carrillo, S. 2010. Synthesis: the past, present and future of Las Tablas de Daimiel. En: Sánchez-Carrillo, S., Angeler, D.G. (eds). *Ecology of Threatened Semi-Arid Wetlands: Long-term research in Las Tablas de Daimiel*, pp. 257-277. Series Wetlands: Ecology, Conservation and Management, Volume 2. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Beisner, B.E., Haydon, D.T., Cuddington, K. 2003. Alternative stable states in ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 376-382.
- Callahan, J.T. 1991. Long-term ecological research in the United States: A federal perspective. En: Risser, P.G. (ed.), *Long-term ecological research – an international perspective*, pp. 9–21. Willey, Chichester, Reino Unido.
- Chapin, F.S. III, Peterson, G., Berkes, F., Callaghan, T.V., Angelstam, P., Apps, M., Beier, C., Bergeron, Y., Crépin, A.S., Danell, K., Elmqvist, T., Folke, C., Forbes, B., Fresco, N., Juday, G., Niemelä, J., Shvidenko, A., Whiteman, G. 2004. Resilience and vulnerability of northern regions to social and environmental change. *AMBIO* 33: 344-349.
- Cirujano, S., Álvarez-Cobelas, M., Sánchez-Carrillo, S., Angeler, D.G., García-Murillo, P. 2009. Wetland management in Spain: a history of controversial conservation. En: Herrera, J.R. (ed.), *International Wetlands: Ecology, Conservation and Restoration*, pp. 1-15. Nova Science Publishers Inc., Nueva York. Estados Unidos.
- López Camacho, B., de Bustamante, I., Dorado, M., Arauzo, M. 1996. Hidrología. En: Alvarez Cobelas, M., Cirujano, S. (eds.), *Las Tablas de Daimiel, Ecología acuática y sociedad*, pp. 57-64. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, España.
- Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. 2000. *Wetlands* 3rd Edition. Wiley, Nueva York. Estados Unidos.
- Müller, F., Gnauck, A., Wenkel, K-O., Schubert, H., Bredemeier, M. 2010a. Theoretical demands for long-term ecological research and the management of long-term data sets. En: Müller, F., Baessler, C., Schubert, H., Klotz, S. (eds.), *Long-Term Ecological Research: between theory and application*, pp. 11-25. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Müller, F., Baessler, C., Schubert, H., Klotz, S. 2010b. *Long-Term Ecological Research: between theory and application*. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Ogden, J.C., Baldwin, J.D., Bass, O.L., Browder, J.A., Cook, M.I., Frederick, P.C., Frezza, P.E., Galvez, R.A., Hodgson, A.B., Meyer, K.D., Oberhofer, L.D., Paul, A.F., Fletcher, P.J., Davis, S.M., Lorenz, J.J. 2014. Waterbirds as indicators of ecosystem health in the coastal marine habitats of Southern Florida: 2. Conceptual ecological models. *Ecological Indicators* 44, 128–147.
- O'Neill, R.V., Johnson, A.R., King, A.W. 1989. A hierarchical framework for the analysis of scale. *Landscape Ecology* 3: 193-205.
- Ortiz-Llorente, M.J. 2013. Sequía y ciclo del CO₂: respuesta de las plantas emergentes en un humedal. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. 247 pp.
- Pascual Terrats, H. 1976. Contribución al estudio ecológico de Las Tablas de Daimiel. I. Vegetación. *Anales INIA, Serie Recursos Naturales* 2: 107-128.
- Rendón, M.A., Green, A.J., Aguilera, E., Almaraz, P. 2008. Status, distribution and long-term changes in the waterbird community wintering in Doñana, south-west Spain. *Biological Conservation* 141: 1371-1388.
- Robledano, F., Esteve, M.A., Martínez-Fernández, J., Farinós, P. 2011. Determinants of wintering waterbird changes in a Mediterranean coastal lagoon affected by eutrophication. *Ecological Indicators* 11: 395-406.
- Ruiz-Zapata, B., Gil-García, M.J., de Bustamante, I. 2010. Paleoenvironmental reconstruction of Las Tablas de Daimiel and its evolution during the Quaternary period. En: Sánchez-Carrillo, S., Angeler, D.G. (eds). *Ecology of Threatened Semi-Arid Wetlands: Long-term research in Las Tablas de Daimiel*, pp. 23-44. Series Wetlands: Ecology, Conservation and Management, Volume 2. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Sánchez-Carrillo, S., Angeler, D.G., Cirujano, S., Álvarez-Cobelas, M. 2010. The Wetland, Its Catchment Settings and Socioeconomic Relevance: An Overview. En: Sánchez-Carrillo, S., Angeler, D.G. (eds). *Ecology of Threatened Semi-Arid Wetlands: Long-term research in Las Tablas de Daimiel*, pp. 3-20. Series Wetlands: Ecology, Conservation and Management, Volume 2. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Sánchez-Carrillo, S., Angeler, D.G. 2010. *Ecology of Threatened Semi-Arid Wetlands: Long-term research in Las Tablas de Daimiel*. Series Wetlands: Ecology, Conservation and Management, Volume 2. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Scheffer, M., Carpenter, S.R., Foley, J.A., Folke, C., Walker, B. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413: 591-596.
- Schlesinger, W.H. 1996. *Biogeochemistry, an analysis of global change*. Academic Press, San Diego, Estados Unidos.
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., Kinzig, A. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9: 5. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>.