

# Cambios en el almacenamiento de C en el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (PNTD) en los últimos 1000 años

F. Domínguez-Castro<sup>(1)</sup>, J.I. Santisteban<sup>(2)</sup>, R. Mediavilla<sup>(1)</sup>, W.E. Dean<sup>(3)</sup>, E. López-Pamo<sup>(4)</sup>,  
M.J. Gil-García<sup>(5)</sup> y M.B. Ruiz-Zapata<sup>(5)</sup>

(1) Dirección de Geología y Geofísica, Instituto Geológico y Minero de España  
c/ Calera 1. 28760 Tres Cantos. Madrid. España  
E-mails: f.dominguez@igme.es - r.medivilla@igme.es

(2) Dpt. Estratigrafía. Fac. Ciencias Geológicas. Univ. Complutense de Madrid. 28040 Madrid. España  
E-mail: juancho@geo.ucm.es

(3) Earth Surface Processes. United States Geological Survey. Box 25046. MS 980, Federal Center. Denver. CO 80225  
E-mail: dean@usgs.gov

(4) Dirección de Recursos Minerales, Riesgos Geológicos y Geoambiente. Instituto Geológico y Minero de España  
c/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. España  
E-mail: e.lopez@igme.es

(5) Dpt. Geología. Univ. Alcalá. N-II, km. 33,600. 28871 Alcalá de Henares. Madrid. España  
E-mails: mjose.gil@uah.es - blanca.ruiz@uah.es

## RESUMEN

El Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel ha sufrido muchas modificaciones a lo largo de su historia, tanto naturales como antrópicas y éstas han afectado de manera diversa al almacenamiento de carbono en el mismo. Para estudiar estas variaciones se ha realizado un análisis del registro sedimentario y de datos históricos de la zona. El registro sedimentario se estudió a partir del sondeo Cigüela 4 al que se le ha realizado un muestreo sistemático de alta resolución (0.7 cm de grosor medio) para analizar su geoquímica y su contenido polínico. Al analizar todos los datos hemos visto que los cambios naturales (asociados al clima) poseen mayores rangos de variación que los antrópicos, no muestran relación con la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico y presentan una ciclicidad natural con una amortiguación rápida (décadas) de las variaciones. Sin embargo los impactos antrópicos dependen de la proximidad del impacto y la intensidad del mismo; así el cambio de usos producido a mediados del siglo XIX debido a la desamortización fue un impacto indirecto, de intensidad media y el medio fue capaz de recuperar los valores de almacenamiento normales en menos de 50 años. Sin embargo los episodios de desecación y sobreexplotación del acuífero que alimentaba el Parque Nacional (segunda mitad del siglo XX) fueron impactos directos de alta intensidad, durante los cuales la rápida pérdida de superficie inundada y la salinización del medio, causó una drástica pérdida en la capacidad del ecosistema para almacenar C, de la cual no parece que el ecosistema sea capaz de recuperarse de manera natural.

Palabras clave: área Mediterránea, cambios ambientales, cambios antrópicos, Ciclo del carbono, ecosistemas terrestres

## ***Changes in the C storage in Las Tablas de Daimiel National Park (PNTD) in the last 1000 years***

### ABSTRACT

*Las Tablas de Daimiel National Park has suffered too many modifications throughout its history, natural as well as anthropic, which have affected the carbon storage in different ways. The study of those variations has been carried out by the analysis of sedimentary record and historical data. The sedimentary record has been studied from the core Cigüela 4. It was sampled with a systematic high resolution method (0.7 cm thickness average) to analyze geochemistry and pollen. The analysis of all data shows that the natural changes (engaged with the climate) have more variation ranges than the anthropic ones, are directly related with the climate and not with the concentration of the atmospheric CO<sub>2</sub>, showing a natural cyclicality with a fast mitigation (decades) of the variations. In the other hand the anthropogenic impacts depend on the proximity and intensity of the impact. The usage changes produced during the second half of the 19<sup>th</sup> century were an indirect impact with medium intensity. The environment had the capacity to recover the values of a normal storage in less than 50 years. Nevertheless the dissication and overexploitation of the groundwater (second half of 20<sup>th</sup> century) were direct and high intensity impacts. These impacts caused a fast lost of the water table and the salinization of the environment. Due to that the ecosystem lost capacity to storage C. The recovering of the normal values by a natural way is difficult now.*

*Key words: anthropic change, Carbon cycle, environmental change, Mediterranean area, terrestrial ecosystems*

## Introducción

Comprender la complejidad del ciclo del carbono en la biosfera terrestre es uno de los principales temas de investigación actual ya que es una parte fundamental del ciclo global del carbono. Además, es un componente muy sensible a la acción humana y esta acción provoca modificaciones en el metabolismo terrestre (Canadell, 2000) que afectan directamente al sistema climático. Uno de los principales elementos de esa complejidad es la gran variedad de ecosistemas que integran la biosfera terrestre y sus mecanismos de respuesta a los cambios en los usos del suelo. Es por ello que es necesario determinar la dinámica del C particular a cada uno de los ecosistemas.

Dos de las principales carencias en este conocimiento son: 1) el limitado número de sistemas estudiados, que se concentran en unos pocos ecosistemas como turberas (Moore *et al.*, 1998; Turetsky *et al.*, 2002) y bosques boreales y tropicales, prestando menor atención a los bosques templados y a los sistemas acuáticos terrestres (lagos, pantanos y humedales) a pesar de sus importantes flujos de carbono (Dean y Gorham, 1998) y a la importancia de la presión antrópica sobre ellos; y 2) la falta de estudios sobre el efecto de los períodos de desecación y aireación en los humedales sobre el ciclo del C (Field *et al.*, 2004).

Con estas consideraciones en mente, en este trabajo hemos intentado entender el ciclo del carbono en un humedal templado de la región mediterránea desde una situación natural a una situación completamente antropizada.

## Área de estudio

La zona estudiada corresponde al actual Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (fig. 1). Se trata de un humedal mediterráneo alimentado hasta principios de la década de 1980 por aguas subterráneas y superficiales de composición sulfatada (las aportadas por la cuenca del Gigüela) y carbonatada (las del río Guadiana).

El registro sedimentario del PNTD está caracterizado por el almacenamiento de una importante cantidad de carbono en forma de calcita bioinducida, restos vegetales y turba, durante el último milenio (Santisteban *et al.*, 2005).

## Material y métodos

Para comprender la evolución del almacenamiento

de C en las tablas de Daimiel se ha analizado tanto el registro sedimentario como el registro histórico documental de la zona.

Para analizar el registro sedimentario en diciembre de 2002 se realizó una campaña de sondeos en 5 puntos, cubriendo los principales ambientes sedimentarios del parque, se recogieron 10 sondeos de rotación y 10 PVC extraídos manualmente para recuperar la parte más superficial intacta.

Se seleccionaron los tres sondeos más representativos para someterles a un muestreo continuo con una media de espesor por muestra de 0.7 cm y realizar sobre éstos análisis geoquímicos, isotópicos, mineralógicos, sedimentológicos y polínicos. De estos tres sondeos, el Cigüela 4 presenta un registro más completo y los cambios son más evidentes, es por ello por lo que este trabajo se ha realizado en base al sondeo Cigüela 4 principalmente.

El registro documental se ha conseguido a partir de la consulta de diversas fuentes documentales (libros, periódicos y legajos) en diferentes centros como el Archivo Histórico Nacional, la Biblioteca Nacional o el Organismo Autónomo de Parques.

Por otro lado para poder determinar los posibles controles naturales de carácter global, comparamos los registros de C orgánico e inorgánico con las variaciones del CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> de Law Dome (Etheridge *et al.* 1996, 1998), elegidas como serie de referencia del C atmosférico, y las series de temperaturas y precipitaciones para los últimos 150 años de la zona de estudio (Martínez-Santos *et al.* 2004) y la reconstrucción de las temperaturas para el último milenio de Moberg *et al.* (2005).

## Resultados

### **Registro sedimentario**

Los sedimentos del sondeo Cigüela 4 están compuestos por láminas de carbonato bioinducido (oogonios y talos de caráceas), acumulado en las zonas de aguas abiertas (tablazos), intercaladas con láminas milimétricas compuestas por restos vegetales, principalmente hojas de *Phragmites australis* (carrizo), *Typha dominguensis* (enea) y *Cladium mariscus* (masiega) representando las zonas de margen del humedal. Ambas facies pueden presentar microcristales de yeso dispersos, a partir de la concentración de las aguas sulfatadas en los momentos de mayor evaporación, y escasa fracción arcillosa, procedente de la erosión de los suelos circundantes.

De acuerdo con esa composición, los principales componentes geoquímicos del registro (Tabla 1) son

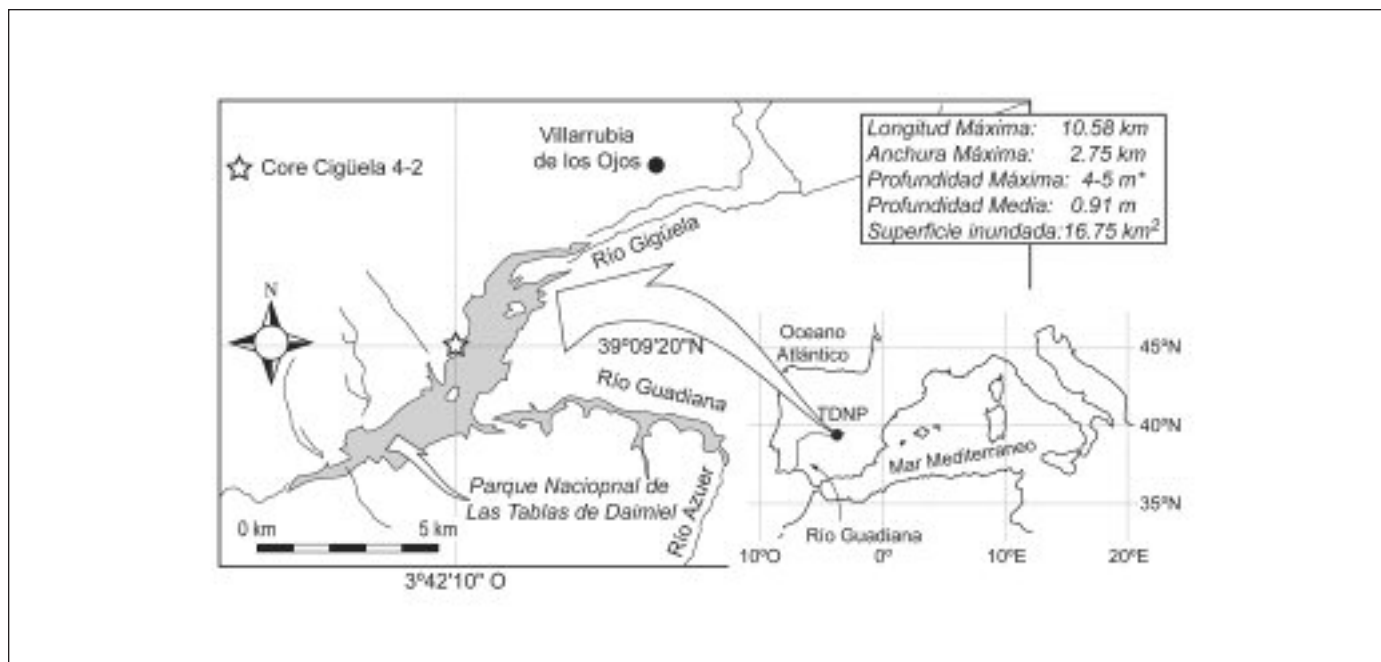


Fig. 1. Área de estudio, lugar del sondeo Cigüela 4-2 y características morfológicas para el año 1994 (Álvarez-Covelas *et al.* 1996)  
 Fig. 1. Study area, location of the core Cigüela 4-2 and morphological characteristics for the year 1994 (Álvarez-Covelas *et al.* 1996)

		Al (%)			S (%)			C inorg. (%)			C org. (%)			N (ppm)		
		mín.	máx.	media	mín.	máx.	media	mín.	máx.	media	mín.	máx.	media	mín.	máx.	media
P. antróp. pleno	1965-2002	0.17	0.27	0.20	1.22	2.76	2.13	6.32	7.82	7.02	5.68	12.35	10.26	52	295	139.36
P. antróp. transición	1910-1965	0.07	0.25	0.15	1.28	2.35	1.76	6.22	8.36	7.53	6.59	18.70	10.83	30	49	40.33
P. antróp. inicial	1855-1910	0.06	1.68	0.74	1.62	2.26	2.00	7.15	8.55	7.75	5.10	8.65	6.44	32	53	42.67
Periodo antrópico	1855-2002	0.06	1.68	0.32	1.22	2.76	1.94	6.22	8.55	7.43	5.10	18.70	9.52	30	295	72.06
Periodo natural	1000-1855	0.06	1.24	0.37	1.18	5.44	2.57	2.29	9.21	6.69	4.03	32.31	10.76	22	208	69.87
<b>Total</b>		<b>0.06</b>	<b>1.68</b>	<b>0.35</b>	<b>1.18</b>	<b>5.44</b>	<b>2.34</b>	<b>2.29</b>	<b>9.21</b>	<b>6.96</b>	<b>4.03</b>	<b>32.31</b>	<b>10.30</b>	<b>22</b>	<b>295</b>	<b>70.67</b>

Tabla 1. Valores mínimos, máximos y medios de las variables geoquímicas principales para cada período diferenciado  
 Table 1. Minimum, maximum and mean values for the main geochemistry parameters for different periods

el C inorgánico y orgánico (carbonato bioinducido y restos vegetales respectivamente), S (yeso) y Al (fracción arcillosa). Adicionalmente, el N es útil a la hora de detectar la acción humana ya que se encuentra ligado a los fertilizantes y evidencia episodios de eutrofización.

Desde el punto de vista paleobotánico, el registro de la variación entre el arbolado, el matorral y las herbáceas, considerados los taxones "terrestres", nos indicarán variaciones en la extensión de las áreas abiertas o cultivadas (apoyándose también en los cambios en los porcentajes de Oleaceae y Cerealía para el origen antrópico). Dentro de la vegetación propia del humedal, las variaciones entre heliofitas e hidrofítas nos marcarán variaciones en la extensión de la lámina de agua, en las condiciones

de turbidez de las aguas o episodios de eutrofización. Finalmente, las variaciones en Chenopodiaceae-Amaranthaceae nos marcarán los cambios en la salinidad de los suelos adyacentes al humedal.

### Registro histórico

La presión humana en este área ha sido variable y, de acuerdo con ella, podemos diferenciar cuatro periodos:

1. Hasta la primera mitad del s. XIX (período natural) los usos de la zona se apoyaban en una utilización para autoconsumo o comercio a pequeña escala del medio (molinos, agricultura de vuelta y vez en pequeñas piezas de tierra arrendadas a los realen-

gos y órdenes militares, recolecta de carrizo y enea para trabajos artesanales, caza y pesca) junto con la ganadería trashumante (Mesta). Este uso y la baja densidad de población propiciaron un impacto casi nulo sobre la dinámica del medio y un control natural (climático) sobre él.

2. Desde mediados del s. XIX hasta inicios del s. XX se define un período en el que se producen cambios sustanciales en los usos del suelo. Estos cambios afectan a las tierras colindantes al humedal y, como efecto cascada, lo perturban (período antrópico inicial). Por una parte, durante las desamortizaciones del s. XIX, se produce un cambio en la propiedad de las tierras que fundamentalmente revierte en una concentración de la propiedad con vistas a una explotación con fines comerciales pero sin cambios fundamentales en los cultivos. Esto conlleva una reorganización del territorio e intensificación del laboreo. Adicionalmente, se pone fin a la Mesta, lo que acaba con gran parte de los pastizales y bosques.
3. De inicios a mediados del s. XX, cesa la reorganización del territorio y se estabiliza el sistema natural (período antrópico de transición).
4. Desde la segunda mitad del s. XX hasta la actualidad la acción humana afecta directamente al humedal (período antrópico pleno). Una primera acción (finales de la década de 1960 hasta inicios de los 1970) es el intento de desecación, con motivo de acabar con la insalubridad de la zona e incrementar la superficie cultivable, que prácticamente terminó con el humedal. Paralelamente a esta acción, aunque su inicio es ligeramente anterior, y con un incremento progresivo en la intensidad de sus efectos, la introducción de las técnicas modernas agrícolas (maquinaria, fertilizantes, etc.) se traduce en un aumento notable del rendimiento de las tierras y una demanda cada vez mayor de agua para el riego. Esta situación llevó a la sobreexplotación del acuífero (principal fuente hídrica del humedal), lo que produjo una pérdida de más del 85% de la superficie inundada del humedal (100 km<sup>2</sup> en 1937, 60 km<sup>2</sup> en 1965, 15 km<sup>2</sup> en 1971), y su desconexión del acuífero a inicios de la década de 1980. A pesar de los intentos de recuperación y medidas de protección, no se ha llegado a recuperar nunca el sistema.

## Discusión

### ***El período natural***

El registro geoquímico para este período muestra una

similitud destacable de la evolución del C inorgánico, orgánico, Al y S (fig. 2). Además, se observan diferentes escalas de ciclicidad en las que se aprecian cambios en las interacciones entre los elementos.

Para ciclos inferiores al siglo el C inorgánico muestra una relación inversa con el C orgánico, Al y S que se interpretan como resultado del control climático sobre el sistema. Durante los períodos secos y calurosos la extensión de la lámina de agua disminuía causando el retroceso de las caráceas (descenso de C inorgánico) y la vegetación emergente se expandía (aumento de C orgánico). Así mismo, la mayor aridez favorecía la degradación de los suelos circundantes (aumento de Al) y su salinidad (aumento de S). En condiciones de mayor riqueza hídrica, las tendencias se invertían.

Para los ciclos de escala secular el comportamiento era diferente. Así, unas condiciones áridas sostenidas elevaban la salinidad del suelo a niveles que lo hacían improductivo (descenso de C orgánico) mientras que las caráceas, al estar bajo el agua y estar mejor adaptadas a la salinidad no sufrieron esta limitación (incremento relativo de C inorgánico). Estos ciclos largos desembocaron en un incremento del "fondo" de C inorgánico almacenado en el medio y un descenso en límite superior de C orgánico acumulado. Sin embargo, la reducción del área inundada produjo un descenso neto en el almacenamiento de C.

La comparación de estos registros de C con la curva de temperatura de Moberg *et al.* (2005) confirma esa interpretación al apreciarse esas mismas relaciones a diferentes escalas de tiempo. Sin embargo, la comparación con los registros de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> de Law Dome (Etheridge *et al.* 1996, 1998) no muestra ningún tipo de relación.

### ***El período antrópico***

La característica más evidente para este período es el enmascaramiento de las relaciones previamente descritas por la aparición de eventos que distorsionan el registro. No es posible observar claramente las ciclicidades previas ni la correlación entre elementos. Tampoco es posible apreciar una relación entre los parámetros geoquímicos, los climáticos ni atmosféricos (fig. 3). Por el contrario quedan bien marcados determinados eventos caracterizados por súbitos incrementos en los valores de algunos parámetros.

Así, al alcanzarse la segunda mitad del s. XIX (período antrópico inicial) se observa un rápido incremento en Al que evidencia una fase de importante degradación/erosión de los suelos circundantes sin

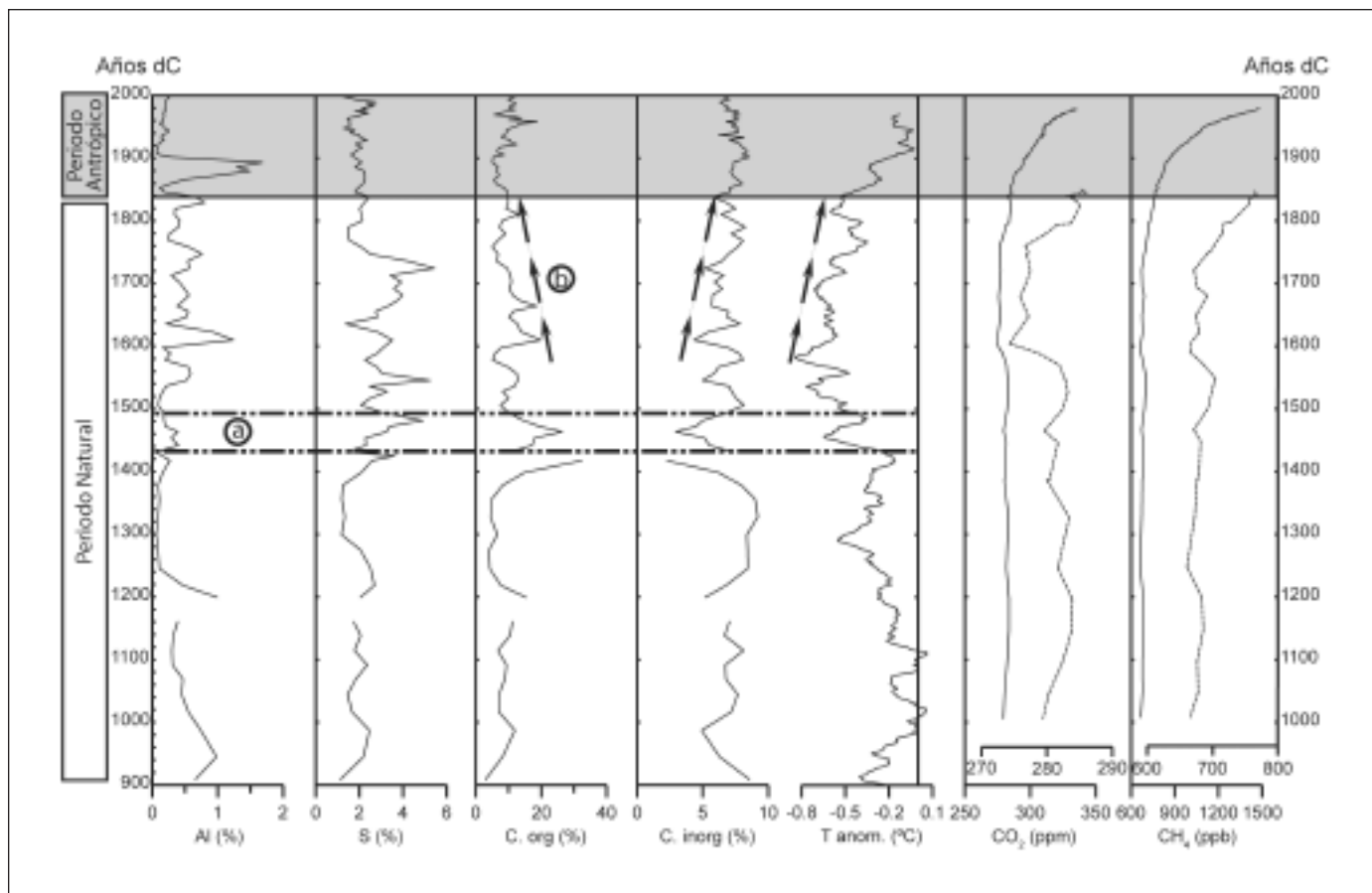


Fig 2. Geoquímica de los últimos 1100 años. Media móvil a 20 años de las anomalías térmicas de Moberg *et al.* (2005). Concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> (Etheridge *et al.* 1996, 1998). A: ejemplo de ciclo corto y B: ejemplo de ciclo largo  
 Fig 2. Geochemistry for the last 1100 years. 20 years mobil average for the temperature anomalies from Moberg *et al.* (2005). CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> atmospheric concentration (Etheridge *et al.* 1996, 1998). A: Short cycle example and B: Long cycle example

que se aprecie un aumento en la salinidad que implique una fase de aridez. Coincidiendo con este evento, se observa un ligero “valle” en los relativamente altos valores de C inorgánico y el descenso del C orgánico. También son evidentes los cambios en la vegetación. La caída de herbáceas y arbustos frente al arbolado y los valores mínimos de Chenopodiaceae-Amaranthaceae podrían indicar unas condiciones más húmedas. Sin embargo, la práctica desaparición de las hidrofitas apunta hacia las condiciones opuestas. La clave la aporta el rápido incremento en Oleaceae que implica un aumento de los cultivos en la zona.

Temporalmente este evento se sitúa en el período de las desamortizaciones de la segunda mitad del s. XIX (Mendizábal y Madoz) y las crisis políticas y económicas de finales de ese siglo. Los cambios en los sistemas de explotación (aumento de los latifundios) supuso una reorganización del territorio que conllevó la deforestación de grandes superficies con

el fin de acondicionarla para los nuevos usos. La gran roturación y, por lo tanto, la degradación antrópica del suelo, propicio su erosión (incremento de Al). Coetáneamente, la limpieza de arroyos y sus márgenes supuso un descenso en la vegetación marginal (descenso en C orgánico) que favoreció la llegada del material removido desde los alrededores e incrementó la turbidez de las aguas. Este factor (turbidez) es limitante para el desarrollo de la vegetación acuática y, en especial, de las caráceas, por lo que prácticamente su desarrollo fue nulo.

A partir de inicios del s. XX el sistema agrícola debía ser completamente funcional y esto conllevó la estabilización del sistema natural (período de transición). Se recuperaron parcialmente las relaciones previas (obsérvese el incremento paralelo del C orgánico y Al y ligero descenso de C inorgánico (fig. 3)) si bien la actividad agrícola continuó. Esta se evidencia por el incremento en herbáceas frente a los arbustos y arbolado que debe tener su origen en el incremen-



to de la superficie de cultivo abierto (aumento de Cerealia y herbáceas frente a descenso de Oleaceae, arbolado y arbustos). Este incremento de los cultivos supuso un gradual aumento de la demanda hídrica del suelo que provocó la gradual salinización del suelo (progresivo aumento de Chenopodiaceae-Amaranthaceae (fig. 3)) sin que hubiera un aumento en la salinidad de las aguas (los valores de S se mantienen o incluso descienden).

Esta situación se disparó durante la década de 1960 cuando, al amparo de la legislación vigente, se llevaron a cabo obras para la desecación de Las Tablas, consistentes en la demolición de los molinos que represaban el agua y la construcción de zanjas de

drenaje. Ésto, junto con el notable aumento de las extracciones de agua para cultivos de regadío y una intensificación de la agricultura que queda patente en el súbito incremento en N (fertilizantes), dio lugar a la disminución sustancial de la superficie inundada (fig. 3) y favoreció una brusca salinización no sólo de los suelos (brusco incremento en Chenopodiaceae-Amaranthaceae (fig. 3) sino también de la cubeta del humedal que quedó expuesta la mayor parte del tiempo (brusco incremento en S; fig. 3). Como consecuencia, de esta "aridificación" antrópica se produjo en pocos años el mismo efecto que con los ciclos seculares del período natural: el suelo fue incapaz de mantener incluso a la vegetación marginal del hume-

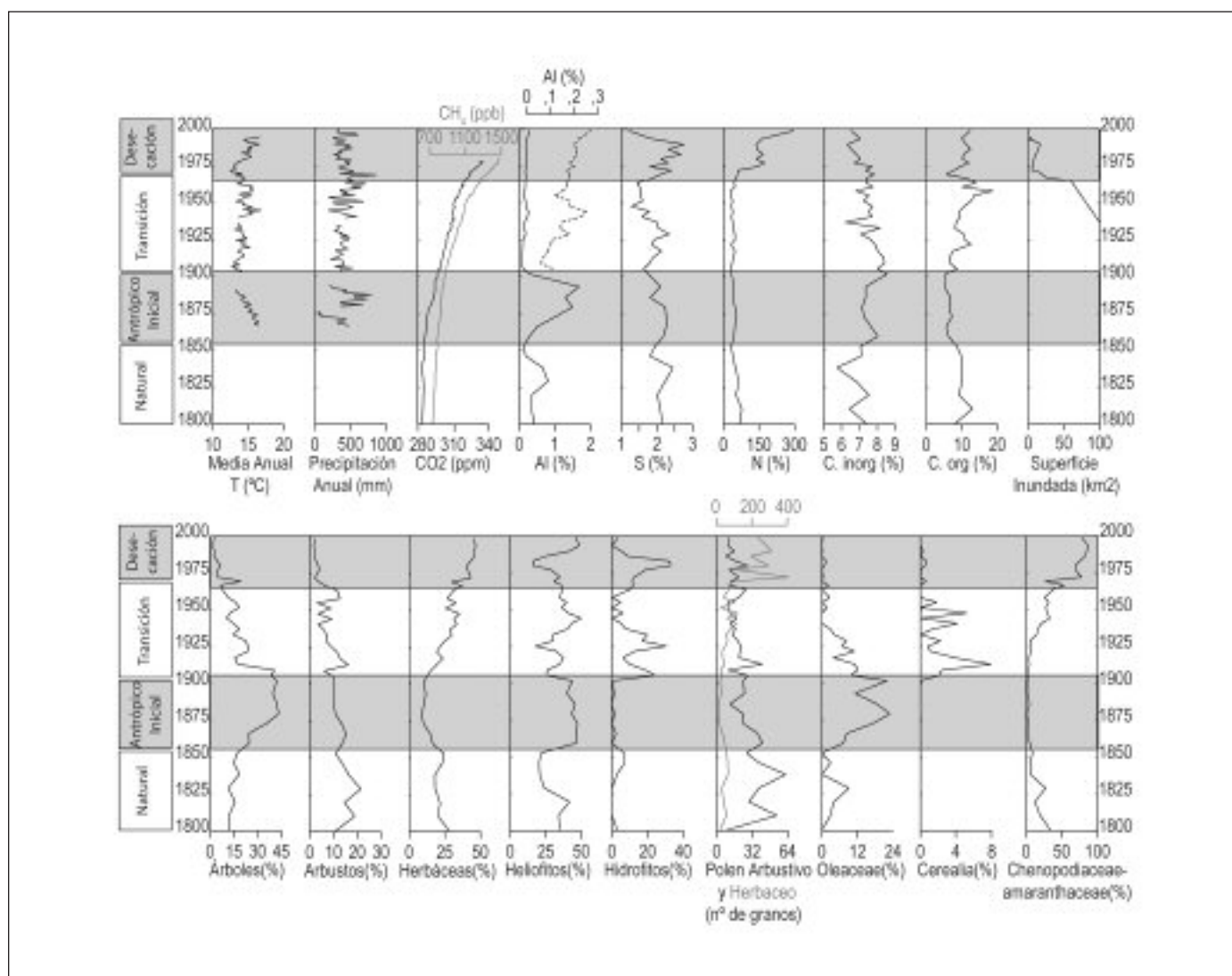


Fig. 3. Temperatura y precipitación anual (Martínez-Santos *et al.* 2004), concentración de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> atmosférico (Etheridge *et al.* 1996, 1998). Registro geoquímico, análisis polínico y superficie inundada de los últimos 200 años  
 Fig. 3. Annual temperatures and rainfall (Martínez-Santos *et al.* 2004), CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> atmospheric concentration (Etheridge *et al.* 1996, 1998). Geochemistry record, pollen analysis, and flooded surface in the last 200 years

dal (disminución de la vegetación heliofita) mientras que en las charcas residuales la vegetación acuática era capaz de resistir (aumento de la vegetación hidrofita). Sin embargo, la disminución de la extensión y profundidad de la lámina de agua junto con su mayor temporalidad provocaron una productividad menor, tanto puntual (descenso del C inorgánico) como a nivel del sistema en su conjunto (pérdida de área de producción y biomasa/m<sup>2</sup>).

El culmen de la degradación se alcanzó en la década de 1980 cuando, debido a la sobreexplotación del acuífero, cesaron los aportes de aguas subterráneas al humedal. Ésto queda patente en la caída brusca de los valores de hidrofitas junto con los valores más bajos de C inorgánico. A pesar de los posteriores intentos de recuperación mediante aportes superficiales artificiales (trasvase), que se evidencian en la rápida caída de S como consecuencia de esos aportes de aguas, esta tendencia parece que de momento no se invierte ya que no se aprecia una recuperación ni en los valores de las hidrofitas ni en los de C mientras que, sin embargo, los valores de Chenopodiaceae-Amaranthaceae y C orgánico (indicador de la terrenalización del humedal) se mantienen.

## Conclusiones

La comparación de los cambios acontecidos en el medio entre los períodos "natural" y "antrópico" permite caracterizar cambios en el almacenamiento de carbono.

Cuando es el clima el que controla las variaciones de C, aparecen mayores rangos de variación (fig. 2) que cuando los cambios son controlados por el hombre (fig. 3), y estos están directamente relacionados con el clima y no con la concentración de C atmosférico. Este hecho hace suponer que la fertilización por CO<sub>2</sub> no está dándose en el humedal, debido a que el CO<sub>2</sub> no es un factor limitante en el medio.

La principal diferencia entre los cambios naturales y los antrópicos es la ruptura del equilibrio del medio, lo cual reduce la habilidad natural de recuperarse de los cambios. Los cambios debidos al clima muestran una ciclicidad natural con una amortiguación rápida (décadas) de las variaciones.

Sin embargo, los cambios debidos a la actividad humana dependen del lugar del impacto así como de la intensidad del mismo. Durante el cambio de usos de mediados del s. XIX, el impacto fue indirecto, de intensidad media, el humedal fue afectado por efectos colaterales de esta actividad (erosión fundamentalmente) pero los mecanismos internos del humedal pudieron reaccionar para recuperar los niveles pre-

vios de almacenamiento de C en menos de 50 años. Además la superficie inundada apenas fue afectada por lo que el almacenamiento de C apenas varió.

Sin embargo durante la desecación y la sobreexplotación se rompió el ciclo natural del agua en el humedal en menos de 30 años. Bajo estas circunstancias, a pesar de las acciones humanas para evitar la total desecación, la pérdida en la superficie inundada y la salinización han causado una drástica caída en la capacidad del sistema para almacenar C e incluso es posible que se esté trasformando en una fuente de C.

Este es un ejemplo de cómo los humanos han desestabilizado un ecosistema y con ello su capacidad de almacenar C. Ecosistemas diferentes poseen diferente resistencia a los impactos, pero los humedales mediterráneos son muy frágiles debido a las características climáticas de estas áreas. Además, el déficit de agua en esta región, hace que la modificación del ciclo hídrico por el hombre (regadío, uso industrial y urbano, etc.) sea un elemento crítico en la evolución de ecosistemas terrestres como éste.

Si muchos ecosistemas acuático-terrestres están sufriendo procesos de desecación debido a la acción humana, tenemos un importante flujo de C a tener en cuenta en futuros modelos globales. Este flujo no es fácil de medir porque el proceso de desecación puede ocurrir muy rápidamente. En las Tablas sólo 10 años de un mal manejo bastaron para conseguirlo.

## Agradecimientos

Financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (proyectos REN 2002-04433-CO2/01 y REN 2002-04433-CO2/02). F. Domínguez-Castro disfruta de una beca FPI (BES-2003-0482) asociada al proyecto. Los autores agradecen a la dirección y al personal del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel las facilidades prestadas, así como a A. Barnolas por sus comentarios que sin duda han ayudado a mejorar el manuscrito.

## Referencias

- Álvarez Cobelas, M., Verdugo, M. y Cirujano, S. 1996. Geografía y morfometría. En: Álvarez Cobelas, M. Cirujano, S. (eds), *Las Tablas de Daimiel. Ecología acuática y sociedad*. Publicaciones del Organismo Autónomo de Parques, Madrid, 23-29.
- Canadell, J.G., Money, H.A., Baldocchi, D.D., Berry, J.A., Ehleringer, J.R., Field, C.B., Coger, S.T., Hollinger, D.Y., Hunt, J.E., Jackson, R.B., Running, S.W., Shaver, G.R., Steffen, W., Trumbore, S.E., Valentín, R. y Bond, B.Y.

2000. Carbon Metabolism of the Terrestrial Biosphere: A Multitechnique Approach for Improved Understanding. *Ecosystems*, 3, 115-130.
- Dean, W.E. y Gorham, E. 1998. Magnitude and significance of carbon burial in lakes, reservoirs, and peatlands. *Geology*, 26, 535-538.
- Etheridge, D.M., Steele, L.P., Langenfelds, R.L., Francey, R.J., Barnola, J.M. y Morgan, V.I. 1996. Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO<sub>2</sub> over the last 1000 years from air in Antarctic ice and firn. *Journal of Geophysical Research*, 101, 4115-4128.
- Etheridge, D.M., Steele, L.P., Francey, R.J. y Langenfelds, R.L. 1998. Atmospheric methane between 1000 A.D. and present: Evidence of anthropogenic emissions and climatic variability. *Journal of Geophysical Research*, Res. Vol. 103, No. D13, p. 15,979 (98JD00923).
- Field, C.B., Raupach, M.R. y Victoria, R. 2004. The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World. En Field C. B. and M.R. Raupach (eds) *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural world*. Island press. Scope 62, 1-13.
- Martínez-Santos, P., Castaño, S., Santisteban, J.I., Martínez-Alfaro, P.E., Mediavilla, R. y López Pamo, E. 2004. Evolución climática durante el último siglo (1904-2002) en el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (Ciudad Real). *Geo-Temas* 6(5).
- Moberg, A., Sonechkin, D.M., Holmegren, K., Datsenko, N.M. y Karlén, W. 2005. Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data. *Nature*, 433, 613-617.
- Moore, T.R., Roulet, N.T. y Waddington, J.M. 1998. Uncertainty in predicting the effect of climatic change on the carbon cycling of Canadian peatlands. *Climatic Change*, 40, 229-245.
- Santisteban, J.I., Mediavilla, R., Domínguez-Castro, F., López-Pamo, E., Gil-García, M.J., Ruiz-Zapata, M.B., Gascó, C., Castaño, S., Martínez-Alfaro, P.E., Dabrio, C.J. y Martínez-Santos, P. 2005. The last 1000 years of climate evolution as recorded in sediments and documentary sources in a mediterranean inland wetland. Abstracts Deklim Pages, *The climate of the next millenia in the perspective of abrupt climate change during the late Pleistocene*.
- Turetsky, M., Wieder, R.K., Halsey, L.A. y Vitt, D.H. 2002. Current disturbance and the diminishing peatland carbon sink. *Geophysical Research Letters*, 29, doi: 10.1029/2001GL014000.
- Reale, O. y Dirmeyer, P. 2000. Modeling the effects of vegetation on Mediterranean climate during the Roman classical period. Part I: climate history and model sensitivity. *Global Planetary Change* 25, 163-184.

Recibido: diciembre 2005

Aceptado: julio 2006