

Los humedales de Galicia como sumidero de carbono: evaluación, distribución y estado de conservación*

The wetlands of Galicia as a sink for carbon: assessment, distribution and conservation status

Luis Gómez-Orellana, Marco Rubinos Román, Carmen Cillero Castro,
Boris Hinojo Sánchez, Pablo Ramil-Rego, Javier Ferreiro da Costa
*GI-1934-TB. Laboratorio de Botánica & Bioxeografía. IBADER.
Universidade de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n. 27002
Lugo (Galicia, Spain)*

Recibido 29-noviembre-2013. Aceptado: 3-junio-2014. Publicado en formato electrónico: 23-junio-2014

PALABRAS CLAVE: Galicia, NO Ibérico, Humedales, Sumidero de carbono, Conservación
KEY WORDS: Galicia, NW Iberian Peninsula, Wetlands, Carbon sink, Conservation

RESUMEN

Los ecosistemas húmedos conforman medios de gran valor ecológico por su fragilidad e implicación en numerosos procesos biológicos. Entre estos destaca su contribución al ciclo del carbono y, por tanto, en la mitigación del cambio climático de origen antrópico. En este trabajo se analiza la función de los humedales de Galicia (NO Península Ibérica) como sumideros de carbono, en base al empleo de una cartografía de detalle que permite evaluar adecuadamente la aportación de estos ecosistemas al secuestro de carbono. Los resultados obtenidos muestran la elevada importancia de los medios húmedos en la captura del carbono así como en su inmovilización a largo plazo. Entre los datos destaca la, ya conocida, importancia de las turberas y la más desconocida pero aún así destacable contribución al sumidero de carbono de los matorrales húmedos.

ABSTRACT

Wetlands are ecosystems of great ecological value due to their fragility and their direct implication in numerous biological processes. It is worth mentioning among them their important role within the carbon cycle and their contribution for the mitigation of the climate change of anthropogenic origin. This paper analyzes the role of Galician wetlands (NW Iberian Peninsula) as carbon sinks, based on the use of detailed maps that allowed a precise evaluation of these ecosystems' contribution to carbon sequestration. Our results illustrated the significant impact of wetlands on carbon capture and long-term storage. The data showed not only the well known contribution of peatlands, but also the least known but still noteworthy contribution of wet heathlands to the above mentioned carbon sequestration.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1980 se viene reconociendo el papel fundamental que juegan los humedales en el ciclo de carbono. El sustrato constituye el tercer sumidero de carbono a nivel global, por detrás de la litosfera y los océanos (NEILL *et al.*, 1998). Del total del carbono almacenado en la biomasa, aquel que presenta un ciclo de vida más largo, es el que se incorpora al sustrato como materia orgánica. Entre los sustratos, los sedimentos hidromorfos presentan las tasas de permanencia más elevadas y el carbono a ellos incorporado queda almacenado durante miles de años.

Aunque tanto en Galicia como en el resto del planeta, los ecosistemas húmedos presentan una escasa representación territorial, los humedales constituyen una parte importante del reservorio global de carbono (COLLINS & KUEHL, 2000; MISTCH & GOSSELINK, 2000).

Los estudios relacionados con la distribución y contenido de carbono en los sustratos de Galicia, relacionan las mayores capacidades de acumulación de carbono con la altitud, la precipitación, la hidromorfía y la estabilización química (MACIAS *et al.*, 2004, 2005). Los procesos de turberización y gleificación aparecen señalados como los más efectivos a la hora de fijar carbono en los sedimentos.

* Presentado en la XX Bienal RSEHN, Madrid 2013

Los datos bibliográficos disponibles indican que la cantidad de carbono acumulado en el sedimento de los humedales varía de acuerdo con aspectos como las condiciones climáticas, el tipo de vegetación, la hidrología o las condiciones físico-químicas del sustrato (MACIAS *et al.*, 2004, 2005). Estos trabajos presentan la capacidad de almacenamiento de carbono de los sustratos de Galicia exceptuando los suelos hidromorfos, debido a que en los mismos no se dispone de cartografía detallada para estos sustratos (MACIAS *et al.*, 2004, 2005).

En el primer Inventario de Humedales de Galicia (RAMIL-REGO *et al.*, 2003) se catalogaron más de 1.000 humedales repartidos entre marinos y costeros, continentales y artificiales, confirmando el territorio de Galicia como una de las áreas peninsulares con mayor número, superficie y diversidad de humedales. Este inventario incluye una cartografía de detalle de los diferentes tipos de humedales de Galicia. Además, la cartografía incluida en el Plan Director de la Red Natura 2000 (RAMIL-REGO *et al.*, 2012) proporciona información cartográfica detallada relativa a los mismos.

Tomando como base estos dos trabajos, en esta contribución se presenta una cartografía y valoración de los humedales de Galicia desde el punto de vista de los sumideros. La información cartográfica obtenida, se relaciona con la cartografía de la red de espacios naturales protegidos a fin de evaluar el grado de protección de este sumidero de carbono en Galicia. Así mismo, se evalúan las principales amenazas a las que están sometidos estos ecosistemas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la elaboración de la cartografía del sumidero de carbono ligado a los sedimentos turbosos e hidromorfos de Galicia, se tomaron como base dos trabajos cartográficos: El Inventario de Humedales de Galicia (RAMIL-REGO *et al.*, 2003) y el Plan Director de la Red Natura 2000 de Galicia (RAMIL-REGO *et al.*, 2012). En ambos casos, la cartografía se basa en el empleo de Unidades Ambientales, definidas como una porción de territorio que, poseyendo características geográficas y ecológicas homogéneas, muestra una respuesta también homogénea frente las acciones derivadas de los procesos antrópicos, constituyendo el elemento básico sobre el que desarrollar la planificación y gestión de un territorio (RAMIL-REGO *et al.*, 2005). Las unidades ambientales contienen siempre un grupo de hábitats característicos que identifican la unidad cartográfica y, ocasionalmente, otro grupo de hábitats secundarios no relacionados con los hábitats característicos. En todo caso, para el territorio analizado, los hábitats característicos ocupan, al menos, un 75% de la unidad cartográfica.

La cartografía realizada para el Plan Director de la Red Natura 2000 (RAMIL-REGO *et al.*, 2012) se limita a aquellos territorios incluidos en dicha red, integrando y actualizando la información previa del Inventario de Humedales (RAMIL-REGO *et al.*, 2003). Por ello, los análisis que se realicen para el territorio de Galicia deben emplear ambas fuentes de información, de modo que prevalezca la información del Plan Director, por ser este más actual y preciso, y se complemente, cuando sea necesario, con la información recopilada en el Inventario de Humedales. El tipo de unidades requeridas para este estudio hace inadecuadas otras fuentes de información cartográfica existente, puesto que no permiten la diferenciación de los tipos de humedal analizados. En conclusión, los datos superficiales aportados proceden del sumatorio realizado sobre las unidades ambientales y tipos de humedales relacionados directamente con las categorías propuestas en el presente estudio (Tabla I y Fig. 1).

Una vez obtenida la superficie de las diferentes categorías, estas se ordenaron de acuerdo con su importancia como sumidero en base a la información sedimentológica, paleoclimática y ecológica disponible (RAMIL-REGO, 1992; RAMIL-REGO *et al.*, 1994, 1996a, b, c, 2003, 2012; MUÑOZ SOBRINO, 2001; GÓMEZ-ORELLANA, 2002; MUÑOZ SOBRINO *et al.*, 2005; CILLERO, 2013). Estos datos permiten conocer las tasas de incorporación de materia orgánica, el contenido de carbono así como la potencia de los sedimentos en cada una de los grupos de humedales establecidos.

En base a los datos de contenido en carbono para los sustratos hidromorfos de Galicia correspondiente a una profundidad de un metro (MACIAS *et al.*, 2004), se obtiene un valor máximo y mínimo del carbono secuestrado en los humedales de Galicia. De acuerdo con estos autores, en estos sustratos se estima la presencia de entre 1.000 y 4.000 Tn de carbono por hectárea.

Finalmente y relacionando los datos de superficie para cada categoría de humedal con la cartografía de la Red Natura 2000, se obtiene una valoración del estado de protección actual del sumidero de carbono ligado a los humedales. Se empleó como referencia la Red Natura 2000, dado que, en la misma, se incluyen además de otros espacios, la totalidad de los espacios protegidos por la legislación estatal y autonómica.

3. RESULTADOS

De acuerdo con las principales características hidrológicas, sedimentológicas, paleoclimáticas y ecológicas de los medios en los que se registra la presencia de aguas estancadas, es posible establecer una gradación en cuanto a su importancia como sumidero de carbono. La escala se basa en los contenidos de carbono, así como en las tasas de sedimentación orgánica o la edad y potencia de los sedimentos. Estos datos permiten establecer una

Tabla I. Relación entre los grupos de humedales propuestos en este trabajo con las unidades ambientales del Plan Director de la Red Natura 2000 de Galicia y los tipos de humedales del Inventario de Humedales de Galicia.
 — Relationship between wetland groups proposed in this work with the environmental units of the Master plan of the Natura 2000 network of Galicia and the types of wetlands of the Wetlands Inventory Galicia.

Superficie de Turberas	
Plan Director de la Red Natura 2000	
UA230	Turberas de Cobertor
UA240	Turberas Altas
UA250	Turberas Bajas
Inventario de Humedales de Galicia	
2.5.4	Turberas arboladas
2.3.1	Turberas de Cobertor
2.3.2	Turberas Altas
2.3.3	Turberas Bajas (Fen)
Superficie de Herbazales higrófilos	
Plan Director de la Red Natura 2000	
UA141	Grandes superficies de carrizales litorales
UA280	Herbazales continentales húmedos de gran porte
UA281	Herbazales húmedos de mediano porte
UA550	Pequeños humedales seminaturales de uso extensivo
Inventario de Humedales de Galicia	
2.6.1	Ecosistemas higrófilos de montaña (orófilos)
2.6.1.1	Humedales alpinos/de montaña; incluye praderas alpinas y de montaña, aguas estacionales originadas por el deshielo.
2.6.2.3	Pantanos/esteros permanentes de agua dulce; pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente en agua por lo menos durante la mayor parte del período de crecimiento.
2.6.2.4	Pantanos/esteros/ estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos; incluye depresiones inundadas praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas.

Superficie de Matorrales húmedos	
Plan Director de la Red Natura 2000	
UA270	Matorrales húmedos continentales
Inventario de Humedales de Galicia	
2.4.1	Brezales húmedos
2.4.2	Matorrales húmedos
Superficie de Marismas	
Plan Director de la Red Natura 2000	
UA130	Marismas
Inventario de Humedales de Galicia	
1.3.3	Marismas y esteros mareales; incluye marismas y praderas halófilas, zonas inundadas por agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea
Superficie de Lagunas y charcas	
Plan Director de la Red Natura 2000	
UA140	Lagunas costeras y litorales
UA210	Aguas continentales estancadas
Inventario de Humedales de Galicia	
1.4.3	Medios lacunares costeros salobres/saladas; lagunas de agua entre salobre y salada con por lo menos una relativamente angosta conexión al mar.
1.4.4	Lagunas costeras de agua dulce
2.2.1	Lagos permanentes (superficie mayor de 8 ha) de agua dulce
2.2.2	Lagunas (superficie 8 -1 ha) permanentes de agua dulce
2.2.3	Charcas (superficie <1 ha) permanentes de agua dulce
2.2.4	Lagunas o charcas temporales (más de 2 meses sin agua)
2.2.5	Charcas y charcos estacionales (pluviales)

progresión de mayor a menor importancia, que sería: Turberas, Herbazales húmedos, Matorrales húmedos, Marismas y, finalmente, Lagunas y charcas.

Dentro del grupo de humedales denominado turberas, se incluyen ecosistemas de muy diferente magnitud espacial. Las Turberas de Cobertor y las Turberas Altas determinan el paisaje de las estribaciones montañosas septentrionales de Galicia. Son igualmente componentes básicos del paisaje, entremezcladas con los diversos tipos de brezal, en amplios sectores de las montañas

occidentales (Serra dá Groba), centrales (Serra do Candán, Serra do Cando, Serra do Suido) y sudorientales (Pena Trevinca, Manzaneda). En total ocupan una superficie de 6.329,23 ha (Tabla II).

Los herbazales higrófilos presentan una marcada diferenciación en función de la altitud. En áreas de alta montaña están representados por formaciones herbáceas naturales configuradas por un número reducido de elementos de carácter orófilo como *Nardus stricta* L., que frecuentemente constituyen mosaicos con

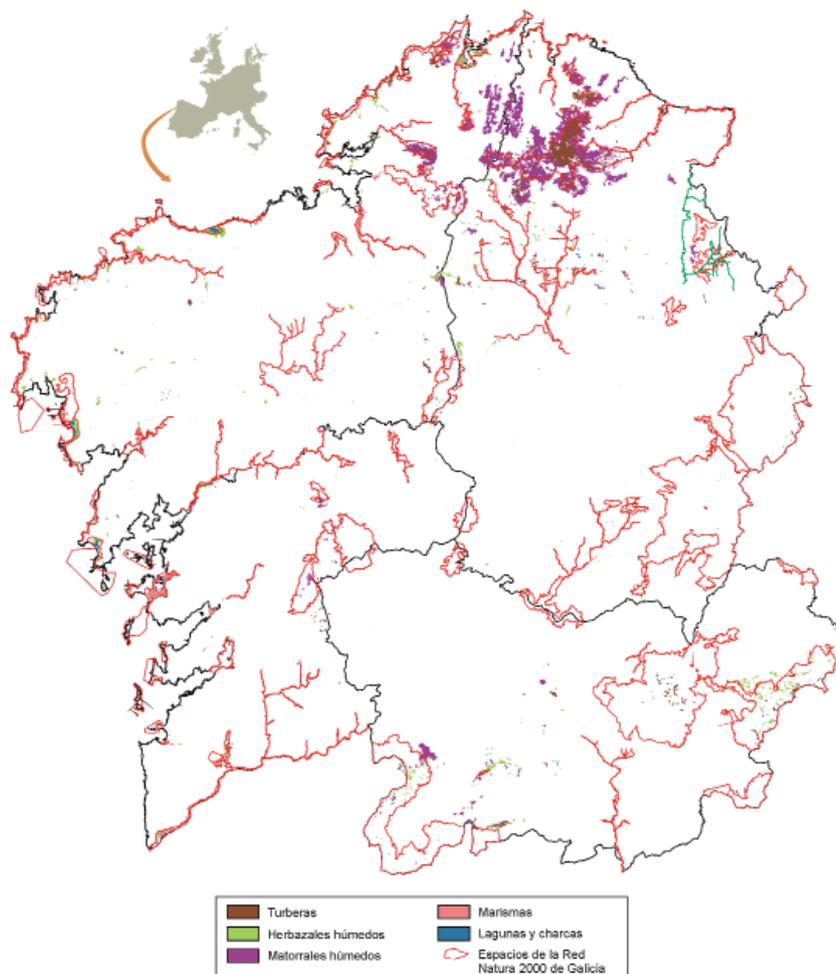


Figura 1. Distribución de las diferentes categorías de humedales de Galicia en función de su importancia como sumideros de carbono (de más oscuro a más claro). Además, se muestra su localización en relación con la distribución de los Lugares de Importancia comunitaria (LIC) de la Red Natura 2000.

— Distribution of the different categories of wetlands in Galicia. Moreover, its location is shown in relation to the distribution Special Areas of Conservation (SACs) of the Natura 2000 network.

otros ecosistemas húmedos, fundamentalmente matorrales, turberas o cinturones de vegetación anfibia de lagunas. En áreas de menor altitud, la adopción de la agricultura, iniciada hace más de 5.000 años, marca la distribución, composición y estructura de la mayoría de herbazales higrófilos. El uso tradicional de estos espacios ha propiciado el mantenimiento de biocenosis naturales, o próximas a la naturalidad, entremezcladas con otras de carácter seminatural pero que mantienen una elevada diversidad. En Galicia esta tipología ocupa una superficie de 6.581,95 ha (Tabla II).

Las marismas son ambientes sedimentarios invadidos periódicamente durante la pleamar. Están asociados a la existencia de estuarios, en la zona de contacto de aguas marina y fluvial, donde se produce una gran acumulación de sedimentos, que acaba emergiendo por encima del nivel de pleamar originando rasas fangosas, que son colonizadas por la vegetación halófila. A pesar de estar estrechamente asociadas a la existencia

de estuarios, no lo están de forma exclusiva, pudiendo aparecer en entornos litorales bajos con mareas, en golfos, bahías cerradas y entrantes en la costa, cerrados por flechas arenosas, islas o barras arenosas que se forman en las llanuras litorales. Las marismas se desarrollan en la franja litoral inundada periódicamente por las mareas, con suelos salobres de fangos y arena. En este tipo de humedales se incluyen un conjunto de hábitats dominados por formaciones halófilas intermareales. Estos humedales alcanzan una representación territorial de 2.952,63 ha. (Tabla II).

Los matorrales húmedos se distribuyen entre higrófilos y turbófilos. La menor abundancia y cobertura de *Erica tetralix* L., *Erica mackainana* Bab. in J. Mackay y *Sphagnum* spp. marca la diferencia entre los matorrales higrófilos de los de carácter turbófilo e higróturfófilos. En los higrófilos el predominio entre las ericáceas corresponde a *Erica ciliaris* Loefl. ex L., acompañada en mayor o menor medida por *Calluna vulgaris* (L.) Hull

Tabla II. Datos de superficies cartografiadas y cantidades de carbono secuestradas para cada uno de los grupos de humedales.
— Surfaces and quantities of carbon sequestered for each wetland group.

Humedal	Superficie (ha)	Carbono secuestrado (Tn)	
		Mínimo	Máximo
Turberas	6.329,23	6.329.230	25.316.920
Herbazales húmedos	6.581,95	6.581.950	26.327.800
Marismas	2.952,63	2.952.630	11.810.520
Matorrales húmedos	34.289,13	34.289.130	137.156.520
Lagunas y charcas	1.109,65	1.109.650	4.438.600
TOTAL	51.262,59	51.262.590	205.050.360

y *Daboecia cantabrica* (Huds.) K. Koch. Las leguminosas, sobre todo las espinosas, adquieren igualmente una elevada representación, *Ulex gallii* Planch., *Genista berberídea* Lange, *Genista anglica* L., *Genista micrantha* Gómez Ortega. Entre las herbáceas es frecuente la presencia de *Cirsium filipendulum* Lange, junto con *Molinia caerulea* (L.) Moench, *Serratula tinctoria* L., *Pseudarrhenatherum longifolium* (Thore) Rouy, etc. Los matorrales húmedos suman un total de 34.289,13 ha (Tabla II).

Los humedales lacustres presentes en Galicia se dividen entre costeros y continentales. Las lagunas costeras están originadas a partir de los complejos playa-barrera formados en la zona externa y frente a la costa, que separa los cuerpos de agua de las zonas de mar adyacente. La comunicación ente la laguna y el mar se produce a través de un canal que en ocasiones puede no existir. En las áreas de montaña el origen de las cubetas se vincula a la morfología glaciar, o bien a la conjunción de estos procesos con otros de tipo gravitacional. En las zonas de menor altitud los sistemas lagunares se distribuyen entre los grandes macizos graníticos donde se forman sistemas de alvéolos, más o menos cerrados, que propician la existencia de pequeñas láminas de agua. En áreas de menor altitud, se vinculan con las grandes cuencas sedimentarias, en las que el relieve plano, la escasa eficiencia de la red hidrográfica y la existencia de un sedimento impermeable propician el acumulo superficial de agua, que alcanzan su mayor entidad en relación con las crecidas de los grandes ríos. En las cuencas sedimentarias y, en menor medida, en los macizos graníticos se encuentran lagunas formadas por la surgencia de aguas profundas, generalmente vinculada a procesos kársticos y/o hidrotermales. En su conjunto, las lagunas y charcas de Galicia, se corresponden con una superficie de 1.109,65 ha (Tabla II).

El conjunto de humedales totaliza una superficie de 51.262,59 ha (Tabla II), que se corresponderían con entre 51 y 205 millones de toneladas de carbono acumulado (Tabla II), en función de los datos aportados por MACIAS *et al.*, 2004.

Entre los datos relativos a cada uno de los grupos de humedales (Tabla II), destaca la importancia de los valores de carbono acumulado en los matorrales húmedos, aspecto relacionado con su elevada representación territorial, con respecto a los restantes grupos. Sin embargo, teniendo en cuenta la tasa de sedimentación y el contenido en carbono en el sustrato de estos humedales, los datos de acumulación de carbono se situarían próximos al valor mínimo (Tabla II). Esto mismo se podría aplicar a los restantes humedales, siguiendo la gradación propuesta que, como se comentó, se basa en el contenido de carbono, la potencia y tasa de deposición de los sedimentos. En el caso de las turberas, el valor de carbono secuestrado se correspondería o se acercaría al valor máximo obtenido, dado que es en estos ecosistemas donde se obtienen el valor de 4.000 Tn de carbono por hectárea, que se corresponde con el máximo de acumulación de carbono en los sustratos hidromorfos de Galicia, según MACIAS *et al.*, 2004.

De acuerdo con estos mismos autores, en el conjunto de los sustratos de Galicia se acumula 615 millones de toneladas de carbono. Los datos obtenidos reflejan que el carbono retenido en los humedales de Galicia suponen entre un 8,3% y un 33,3% del total acumulado en los sustratos, un valor relevante teniendo en cuenta que los humedales analizados tan solo representan un 1,73% del territorio de Galicia.

Estas cifras ponen en evidencia la necesidad a tomar en consideración el papel de los humedales en Galicia como sumidero de carbono a largo plazo. Por otra parte, la conservación de los humedales resulta crítica en la regulación del ciclo del carbono y, por extensión, en la mitigación del cambio climático. El drenado o la desecación de los humedales, favorece la oxidación y la liberación a la atmósfera, en forma CO₂, del carbono almacenado en ellos durante miles de años.

Por tanto, es importante abandonar e intentar restituir los daños derivados de prácticas causantes de un fuerte detrimento de la superficie de humedales y por tanto en el sumidero de carbono. Durante siglos, los humedales han sido considerados como zonas insalubres, siendo objeto de políticas y programas de desecación y saneamiento. La conversión de humedales en tierras agrícolas fue un hecho generalizado en todo el estado español hasta finales del siglo XX. Más recientemente, las mayores transformaciones se asocian al desarrollo industrial, de infraestructuras y urbanístico para explotación turística (RAMIL-REGO *et al.*, 2003).

Las turberas han sufrido fuertes impactos por su transformación en prados, la extracción de turba, la plantación de cultivos forestales y más recientemente por la construcción de infraestructuras eólicas. Las llanuras aluviales han pagado un alto precio por la construcción de obras hidráulicas y de contención frente a avenidas. Los brezales y pastizales húmedos han soportado fuertes impactos derivados de su transformación en cultivos o pastos secos al igual que las marismas, en las que la presión urbanística o industrial ha ido incrementándose paulatinamente.

Analizando los datos del estado actual de protección de los humedales estudiados (Tabla III, Fig. 1), puede observarse que el 46,58 % de la superficie de humedales contabilizada, está incluida en algún espacio de la Red Natura 2000 de Galicia. Por grupos de humedales, las lagunas, marismas y turberas, con un 85, 78 y 70% respectivamente (Tabla III), presentan un elevado porcentaje de su superficie incluido en espacios de la red, mientras que los herbazales húmedos y los matorrales húmedos se sitúan en porcentajes en torno al 40% (Tabla III). Estos bajos valores conllevan que la proporción de sumidero de carbono ligado a humedales de Galicia disminuya en la Red Natura 2000. Destaca el bajo porcentaje de superficie de brezales húmedos incluidos en la Red Natura 2000, frente a su importancia como sumidero de carbono, dado que secuestran en el territorio analizado valores de carbono similares a las turberas, aunque con tasas de secuestro mucho menores.

En la Figura 1, se observa como la mayor concentración de superficies de matorrales

Tabla 3. Superficies de los distintos humedales analizados incluidas en la Red Natura 2000 de Galicia (RN: Red Natura 2000).

— Surface of the different groups of wetlands included in the Natura 2000 network of Galicia (RN: Natura 2000 network).

	Total ha	Dentro de RN		Fuera de RN	
		ha	%	ha	%
Turberas	6.329,23	4.464,22	70,5	1.865,01	29,5
Herbazales húmedos	6.581,95	2.759,36	41,9	3.822,59	58,1
Matorrales húmedos	34.289,13	13.404,71	39,1	20.884,42	60,9
Marismas	2.952,63	2.308,32	78,2	644,31	21,8
Lagunas y charcas	1.109,65	943,37	85,0	166,28	15,0

húmedos se localiza en las Sierras Septentrionales de Galicia. En este entorno, existen espacios de la Red Natura 2000 que incluyen las amplias e importante superficies de turbera presentes en el área, aunque, sin embargo, quedan fuera de la red extensas áreas de matorrales húmedos, hábitats que presentan, según los datos obtenidos, una

importante incidencia en el cambio climático por su papel como sumideros de carbono.

4. CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados, podemos establecer que los humedales de Galicia realizan un importante cometido como sumideros de carbono a largo plazo. Los mayores valores de almacenamiento se asocian a las turberas y los brezales húmedos. En las turberas destaca su alta tasa de secuestro, mientras que en los brezales es su importancia territorial la que aporta más peso al elevado valor del dato de carbono acumulado.

Comparando los resultados obtenidos con otros datos bibliográficos disponibles para los sustratos de Galicia, el valor como reservorio de los humedales analizados resulta muy elevado, dado que teniendo una escasa representación territorial se le atribuye una cantidad muy significativa del total del carbono secuestrado.

Los datos aportan un mayor valor a estos ecosistemas ya de por sí con un elevado valor para la conservación de la biodiversidad. En lo que respecta al estado de protección de los mismos, destaca la baja representación de los matorrales húmedos incluida en las diferentes figuras de protección de la Red Natura 2000, principalmente las amplias extensiones existentes en las Sierras Septentrionales de Galicia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto 10MDS276025PR (PGIDT-2010). Agradecemos a dos revisores anónimos los comentarios que han contribuido a enriquecer el artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- CILLERO, C. 2013. *Identificación y definición del estado de conservación de humedales lagunares de Galicia y su integración en el sistema territorial*. 458 págs. Tesis Doctoral. Universidade de Santiago de Compostela.
- COLLINS, M.E. & KUEHL, R.J. 2000. Organic matter accumulation and organic soils. In: J. L. RICHARDSON & M.J. VEPRASKAS, Eds. *Wetland soils: genesis, hydrology, landscapes and classification*. págs. 137-162. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, USA.
- GÓMEZ-ORELLANA, L. 2002. *El último ciclo Glaciar-Interglaciar en el litoral del NW ibérico: Dinámica climática y paisajística*. 356 págs. Tesis Doctoral. Universidade de Santiago de Compostela.
- MACÍAS, F., CAMPS ARBESTAIN, M. & RODRÍGUEZ LADO, L. 2005. Alternativas de secuestro de carbono orgánico en suelos y biomasa de Galicia. *Recursos Rurais*, 1: 71-85.
- MACÍAS, F., CALVO DE ANTA, R., RODRÍGUEZ LADO, L., VERDE, R., PENA PÉREZ, X. & CAMPS ARBESTAIN, M. 2004. El sumidero de carbono de los suelos de Galicia. *Edafología*, 11(3): 341-376.

- MITSCH, W.J. & GOSSELINK, J.G. 2000. *Wetlands*. 3rd ed. 920 págs. John Wiley and Sons. New York, USA.
- MUÑOZ SOBRINO, C. 2001. *Cambio climático y dinámica del paisaje en las montañas del noroeste de la Península Ibérica*. 312 págs. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- MUÑOZ SOBRINO, C., RAMIL-REGO, P., GÓMEZ-ORELLANA, L. & DÍAZ VARELA, R. 2005. Palynological data on major Holocene climatic events in NW Iberia. *Boreas*, **34**: 381-400.
- NEILL, C., CERRI, C., MELILLO, J.M., FEIGL, B., STEUDLER, P.A., MORAES, J.F.L. & M.C. PICCOLO. 1998. Stocks and dynamics of soils carbon following deforestation for pasture in Rondonia. In: R. LAL, J.M. KIMBLE, R.F. FOLLET, & B.A. STEWART, Eds. *Soil processes and the carbon cycle*. págs. 235-243. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.
- RAMIL-REGO, P., 1992. *La vegetación cuaternaria de las Sierras Septentrionales de Lugo a través del análisis polínico*. Tesis Doctoral. 356 págs. Universidade de Santiago de Compostela.
- RAMIL-REGO, P. AIRA, M.J. & TABOADA CASTRO, T. 1994. Análisis polínico y sedimentológico de dos turberas en las Sierras Septentrionales de Galicia (NO de España). *Revue de Paléobiologie*, **12**(1): 9-28.
- RAMIL-REGO, P., GÓMEZ-ORELLANA, L., MUÑOZ SOBRINO, C. & RODRÍGUEZ GUITIÁN, M. 1996a. Valoración de las secuencias polínicas del noroccidente Ibérico para el último ciclo glacial-interglacial. In: P. RAMIL-REGO & C. FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, Eds. *Arqueometría y Paleoecología del Norte de la Península Ibérica. Cambios naturales y perturbaciones antrópicas*. págs. 33-116. Fervedes, 3. Vilalba. Lugo.
- RAMIL-REGO, P., IZCO, J. RUBINOS, M., ALVITE, R., RODRÍGUEZ-GUITIÁN, M.A., FERREIRO, J., DÍAZ-VARELA, R.A., MUÑOZ, C., PULGAR, I., MARTÍNEZ, S., GÓMEZ-ORELLANA, L., PÍAS, M., ROMERO, M.I., & CILLERO, C. 2003. Inventario dos Humidais de Galicia. Memoria Técnica. 467 págs. Dirección Xeral de Conservación da Natureza. Xunta de Galicia.
- RAMIL-REGO, P.; RODRÍGUEZ-GUITIÁN, M.A., HINOJO, B. DE NÓVOA, B., RUBINOS, M. SINDE, M., FERREIRO, J., GÓMEZ-ORELLANA, L., DÍAZ, R.A., MARTÍNEZ, S. & CILLERO, C. 2012. Plan Director da Rede Natura 2000 de Galicia. Anexo I. Patrimonio Natural e Biodiversidade. R. GARCÍA-BORREGÓN, R. FERNÁNDEZ & B. BRIS. Dir. 616 págs. Dirección Xeral de Conservación da Natureza. Xunta de Galicia.
- RAMIL-REGO P., RODRÍGUEZ GUITIÁN, M.A. & MUÑOZ SOBRINO, C. 1996b. Distribución, génesis y caracterización botánica de las turberas ombrotóficas de Galicia. *XII Biental de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Tomo extraordinario*, págs. 253-256.
- RAMIL-REGO P., RODRÍGUEZ GUITIÁN M.A. & RODRÍGUEZ OUBIÑA J. 1996c. Valoración de los humedales continentales del NW Ibérico: caracterización hidrológica, geomorfológica y vegetal de las turberas de las Sierras Septentrionales de Galicia. In: A. PÉREZ ALBERTI & A. MARTÍNEZ CORTIZAS, Coords. *Avances en la reconstrucción paleoambiental de las áreas de montaña lucenses*. Monografías G.E.P., **1**: 166-187. Deputación provincial de Lugo. Lugo.
- RAMIL-REGO, P.; RODRÍGUEZ GUITIÁN, M.A.; RUBINOS ROMAN, M.A.; FERREIRO DA COSTA, J.; HINOJO SÁNCHEZ, B.; BLANCO LÓPEZ, J.M.; SINDE VÁZQUEZ, M.; GÓMEZ-ORELLANA, L.; DÍAZ VARELA, R. & MARTÍNEZ SÁNCHEZ, S. 2005. La expresión territorial de la biodiversidad. Paisajes y Hábitats. *Recursos Rurais, Serie Cursos*, **2**: 109-128.

