

# Propuesta de clasificación genético-geológica de humedales. Aplicación a los humedales españoles incluidos en el Convenio de Ramsar

J. J. Durán Valsero, A. García de Domingo y P. Robledo Ardila

Instituto Geológico y Minero de España, c/ Ríos Rosas, 23. Madrid 28003  
jj.duran@ime.es; a.garcia@igme.es; pa.robledo@igme.es

## RESUMEN

La clasificación de los humedales constituye el primer hito en la investigación de las zonas húmedas. Existen diversos tipos de clasificaciones, establecidas según criterios muy variables: geográficos, genético-geológicos, funcionales, hídricos, biológicos, etc. En este trabajo se considera que las clasificaciones de tipo genético-geológico, en sentido amplio, son las que proponen mejores criterios de clasificación, más concretos, fáciles de definir y por lo tanto de aplicar. Cada grupo definido, en este tipo de clasificaciones, establece sus condiciones naturales de formación permitiendo determinar, hasta cierto punto, sus pautas de evolución y algunas líneas directrices para su gestión. Los criterios que han servido para establecer esta clasificación son, esencialmente, geológicos: geomorfológicos, tectónicos, estratigráficos e hidrogeológicos, entre otros, y determinan, en una gran parte, las características que definen físicamente a un humedal (geométricas, de alimentación hídrica, hidroquímicas, evolutivas, etc). El establecimiento, para cada grupo de humedales, de sus características generales, pautas de comportamiento y evolución reciente, pueden ser esenciales para detectar e identificar las actuaciones que modifican la evolución natural de un humedal. En este trabajo, se aplican estos criterios de clasificación a los humedales españoles incluidos en el Convenio de Ramsar (hasta febrero de 2006), definiéndose doce tipos básicos de humedales según sus condicionantes genético-geológicos.

Palabras clave: clasificación geológica, Convenio de Ramsar, España, humedales

## ***Genetic and geological classification wetlands proposed. Application to the spanish wetlands included in the Ramsar convention***

## ABSTRACT

*The classification represents the first step in the research of the wetlands. There are several types of classifications established according different criteria: geographic, genetic, geologic, functional, hydric, biologic and others. In this work we considerer the genetic and geologic classifications criteria are the more suitable because the criteria used are very concrete, descriptive and its application should be easier to put into practice. Every group established in this type of classification determines the develop naturals conditions allowing us to establish the evolution guidelines and same main management lines. The criteria used to develop this classification have been fundamentally: geologic, geomorphologics, tectonics, stratigraphics, and hydrogeologics because these determine greatly the physical wetland characteristics (geometrics parameters, hydric nourishment system, hydrochemical characteristics and others). The general characteristics, guidelines behavior of the wetland, and the early evolution of every group of wetland could be essentials to detect and identified those actuations modifying the natural evolution in each concrete wetland. In this work we are applying these classification criteria to the Spanish wetlands included in the Ramsar Convention (until February 2006), defining twelve types of basic wetlands according the geologic and genetic characteristics.*

*Key words: geological classification, Ramsar Convention, Spain, wetland*

## Introducción

La definición tipológica de un humedal y su inclusión en una clasificación constituye una de las primeras fases en el estudio y evaluación de una zona húmeda. El objetivo fundamental que se persigue a la hora de construir una clasificación es el de establecer diferentes grupos de humedales, con características simila-

res, que permitan marcar criterios propios de funcionamiento y evolución, determinando directrices o pautas comunes de comportamiento, y facilitar las líneas maestras estratégicas de su gestión.

En primer lugar, hay que indicar que cada humedal mantiene unas características propias de comportamiento en función de su situación geográfica, rasgos climáticos, condiciones geológicas, morfología

de la cubeta, tipo de alimentación y condiciones físico-químicas, biológicas y sociológicas de sus aguas (Cirujano y Medina, 2002).

La modificación de alguna de estas características propias de un humedal, implica el reajuste del ecosistema a las nuevas condiciones. Hay que tener en cuenta que una vez que se han perdido las características iniciales de un humedal, es muy difícil recuperar y restablecer las condiciones ambientales primigenias, llegando incluso a desaparecer, si estos cambios son importantes. Estas modificaciones han propiciado en el caso de España, durante la segunda mitad del siglo XX, que la superficie ocupada por zonas húmedas haya disminuido en un 60 % (Ministerio de Medio Ambiente, 1999).

Actualmente, existen numerosos tipos de clasificaciones, (Montes, 1995; Convención de Ramsar, 1996; González-Bernáldez y Montes, 1989; Rodríguez y Pérez González, 1999; González-Bernáldez, 1998; Manzano, 2001; Manzano *et al.*, 2002; Borja y Borja, 2002) casi tantas como las definiciones existentes de humedal, y cada una de ellas tiene sus ventajas e inconvenientes. Los criterios para establecer estas clasificaciones han sido muy variados y en general dependen del equipo de trabajo que establece la clasificación (Borja y Manzano, 2003). Entre estos criterios pueden citarse como más importantes los siguientes: genéticos-geológicos, biológicos, hidrológicos y funcionales.

Teniendo en cuenta los objetivos definidos anteriormente para establecer una tipología de humedales, los criterios esenciales de clasificación deben de ser muy intuitivos, fáciles de definir y de aplicar, siguiendo siempre una línea muy estructurada de clasificación. Estos requerimientos se cumplen cuando una gran parte de los criterios empleados en la clasificación se encuentran relacionados con los procesos de formación del humedal, tanto con la génesis de la depresión en donde se asienta la zona húmeda, como con la naturaleza y el origen del agua que rellena las cubetas.

Por último, hay que indicar que este tipo de clasificaciones son la base para establecer otras clasificaciones de tipo mixto, como por ejemplo las de tipo genético-funcional, similar a la establecida en los humedales andaluces por la Junta de Andalucía (2002), en el Plan Andaluz de Humedales. No obstante, algunas de estas clasificaciones definen tipologías a veces demasiado complicadas, establecidas bajo criterios muy concretos o específicos, poco universales y reducidos en su aplicación, que dan lugar a la formación de grupos muy pequeños, establecidos para situaciones muy concretas y locales y por lo tanto de difícil generalización.

### **Criterios para establecer una clasificación genético-geológica**

Para establecer esta clasificación hay que indicar, en primer lugar, que los humedales mantienen unas características propias (Cirujano y Medina, 2002), en función de su situación geográfica, rasgos climáticos, alimentación y condiciones geológicas y biológicas. Se instalan en zonas topográficamente deprimidas y cerradas, formadas por procesos geológicos: geomorfológicos, tectónicos, hidrogeológicos, litológicos-sedimentológicos, entre otros, en donde se almacena o retiene agua, como una lámina continua o sin estricta presencia de agua en superficie (criptohumedales). Su alimentación hídrica puede ser subterránea o superficial o, como suele ser más normal, mixta entre ambas. Es importante indicar que las aguas subterráneas juegan un papel muy importante en la génesis, evolución y conservación, de gran parte de los humedales existentes (Durán y García de Domingo, 2009).

Los criterios geológicos de clasificación de humedales quedan definidos y puestos de manifiesto, en la mayor parte de los casos, en sus características naturales de observación. Sobre todos ellos destacan: su geometría perimetral, profundidad, geometría del fondo y vertientes, naturaleza del emplazamiento, tipo de alimentación hídrica y naturaleza química del agua.

Todas estas características naturales están relacionadas con los procesos geológico-genéticos que actúan preferentemente en un humedal y definen los criterios de clasificación, fundamentalmente en función de sus rasgos geomorfológicos, litológicos, estratigráficos, sedimentológicos, tectónicos e hidrogeológicos. El dominio de uno de estos procesos geológicos formacionales, da lugar a la definición de un ámbito genético-geológico de clasificación en función de la dinámica o control geológico que actúa con mayor intensidad en cada humedal (Figura 1). En un principio, los criterios de tipo geomorfológico son los más fáciles de establecer y aplicar.

El conocimiento de estos parámetros permite establecer pautas de comportamiento evolutivos para cada zona húmeda, teniendo en cuenta que la evolución se plasmará en cambios morfológicos en la cubeta (Viñals, 1999). La unión de los factores físico-químicos y los biológicos, dentro de un ecosistema global de influencia, permite realizar una gestión integral para cada una de las tipologías establecidas.

Asimismo, las acciones que provocan impactos negativos, tanto dentro como fuera de los humedales, alteran fácilmente su equilibrio. Por tal motivo, la conservación y el uso sostenible de los humedales

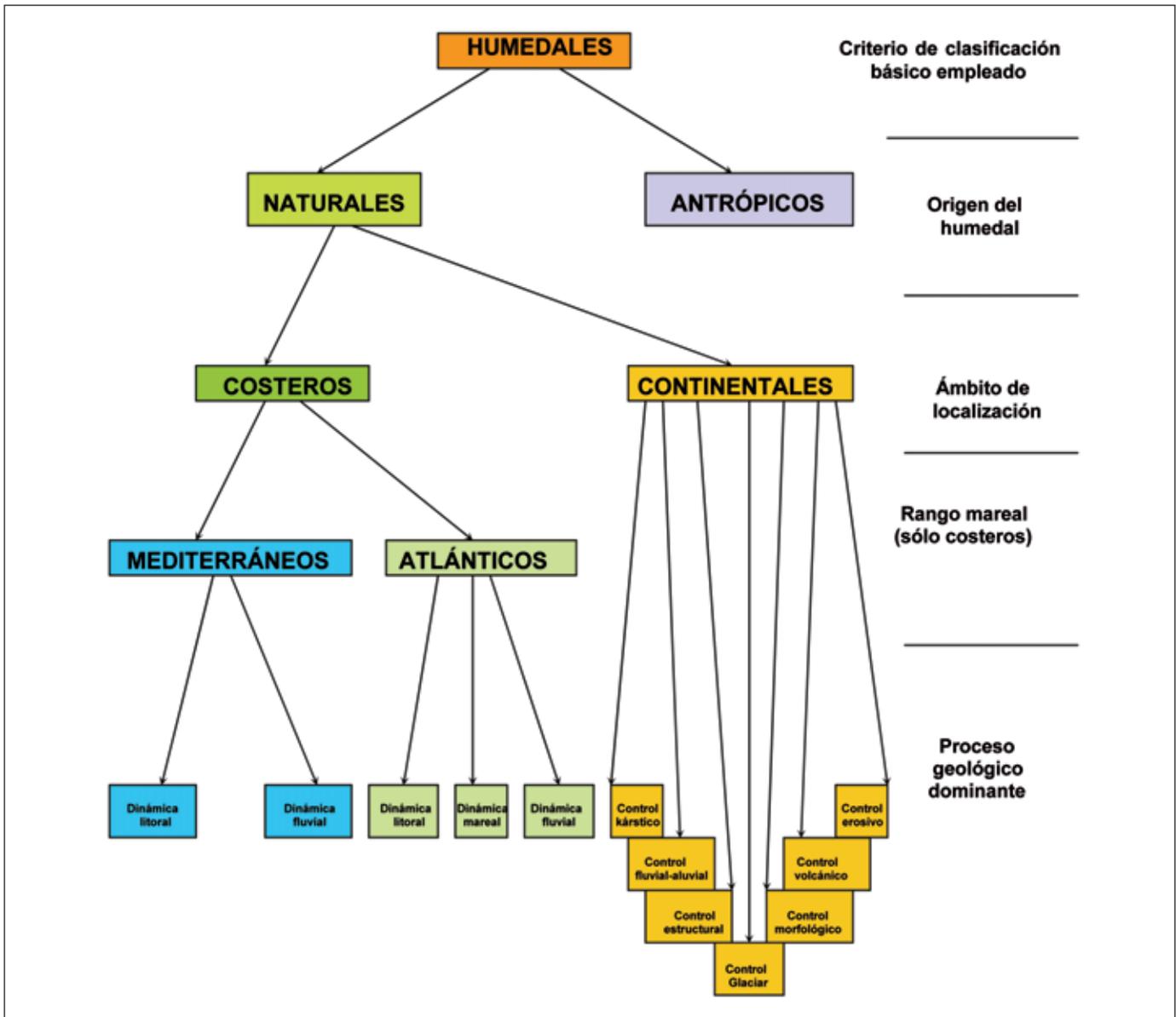


Figura 1. Ámbitos genético-geológicos de clasificación de los humedales españoles  
 Figure 1. Geological genetics ambits of the spanish wetlands classification

debe realizarse a través de un enfoque integrador que considere la asociación de los distintos ecosistemas.

**Clasificación genético-geológica de los humedales incluidos en la lista del Convenio de Ramsar**

Los criterios geológicos (geomorfológicos, litológicos, estratigráficos, sedimentológicos, tectónicos e hidrogeológicos) de clasificación se han aplicado a los humedales españoles incluidos en la Lista del Convenio de Ramsar hasta febrero de 2006, actuali-

zando la clasificación realizada anteriormente por Durán *et al.* (2005). España, que en 1998 había incluido 38 humedales (Bernúes, 1998), presenta actualmente 63, distribuidos por todo el ámbito territorial, continental e insular (Figura 2), siendo Andalucía, la Comunidad Autónoma con mayor número de humedales Ramsar protegidos (20), seguida de Castilla-La Mancha (7), Comunidad Valenciana y País Vasco (6), Galicia (4), Cataluña (4), Extremadura, Castilla y León, Navarra, Aragón y Baleares (2) y Asturias, Cantabria, Murcia, Canarias, La Rioja y Madrid (1). De estos 63 humedales, tres no son naturales: Embalse de

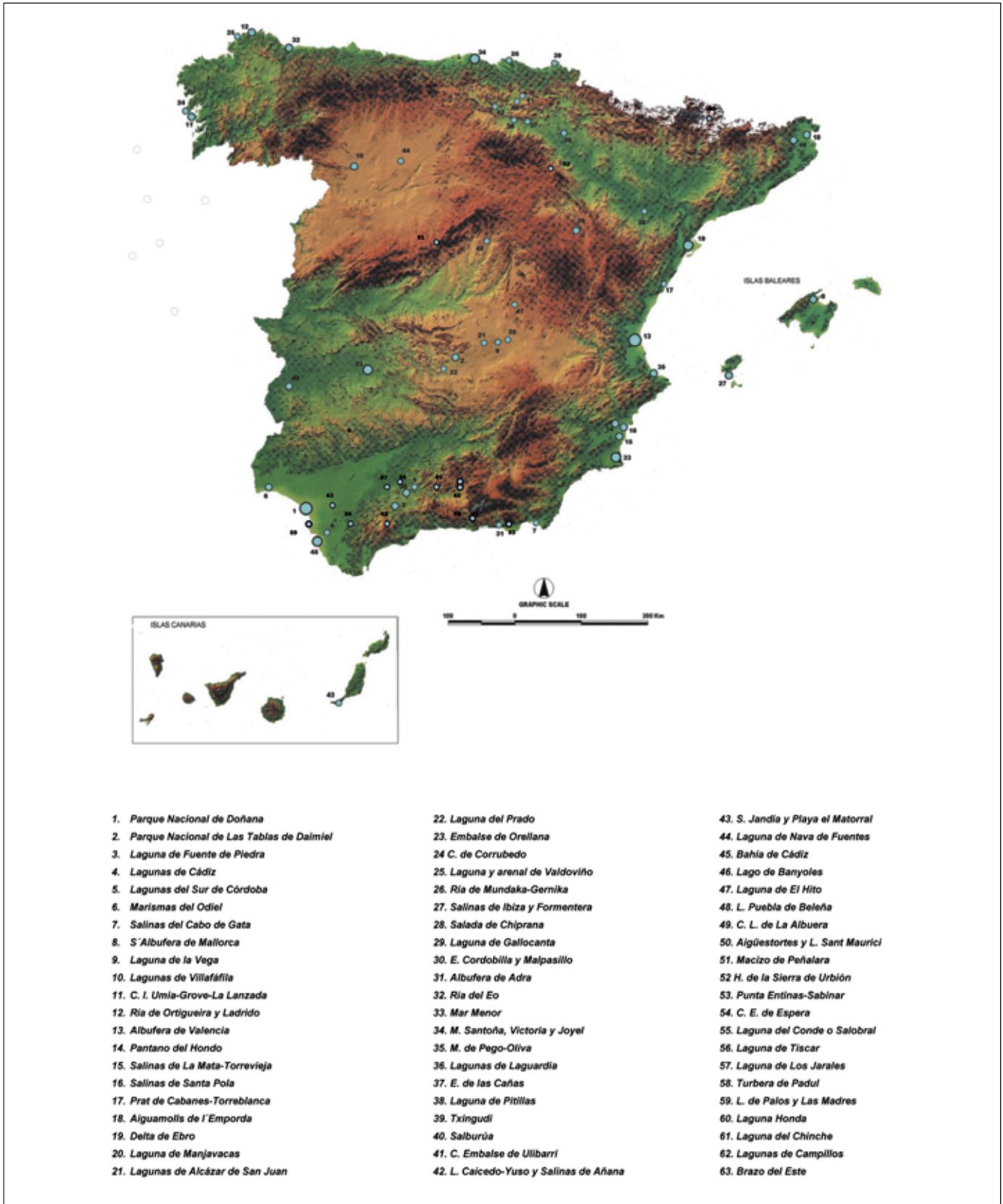


Figura 2. Humedales españoles incluidos en la Convención Ramsar (febrero 2006)  
 Figure 2. Spanish wetlands included in the Ramsar Convention (February 2006)

Orellana, Embalses de Cordobilla y Malpasillo y Embalse de Ullibarri-Gamboa.

En el primer escalón de esta clasificación se han establecido dos tipos de humedales: naturales, aunque después hayan sido modificados artificialmente, y antrópicos, formados por procesos no naturales.

En los humedales naturales se han diferenciado tres grandes grupos, definidos según el ámbito de localización: ámbito continental o costero, y dentro del costero se han diferenciado los subgrupos, según el rango de marea: mediterráneo o atlántico, ya que el rango de marea y la altura del oleaje determina la formación de barras costeras (Andrés y Gracia, 2000), principal proceso de cierre de las albuferas.

Así se definen tres grupos, que son:

- Humedales del ámbito costero mediterráneo
- Humedales del ámbito costero atlántico
- Humedales del ámbito continental

En un escalón posterior, dentro del ámbito costero mediterráneo (Tabla 1) se han diferenciado dos grupos de humedales, atendiendo a criterios geológicos y según los procesos dinámicos dominantes, es decir aquel que actúa con mayor eficacia, determina el control hidrológico del humedal y establece la mayor parte de sus características:

- Humedales dominados por la dinámica litoral
- Humedales dominados por la dinámica fluvial

En el grupo con predominio de dinámica litoral se incluyen, fundamentalmente, las albuferas y lagunas costeras, en cualquier estado de su evolución. Su formación se concreta en el cierre de una bahía mediante el crecimiento de una barra litoral que la separa total o parcialmente del mar. La formación de una barra litoral es un proceso cuya génesis es objeto de debate, acudiéndose para su explicación bien a la acción del oleaje, que construiría barras subacuáticas posteriormente emergidas, o bien a corrientes costeras y deriva litoral, que darían lugar a una flecha o cordón de sedimentos parcialmente emergido.

El grupo con predominio de dinámica fluvial es aquel en que los procesos fluviales presentan una mayor influencia en relación con los ligados a la dinámica litoral. Se pueden dividir en dos ambientes: los vinculados con sistemas deltaicos y los ubicados en llanuras costeras. Los humedales relacionados con deltas se sitúan en las depresiones que forman la progradación de los cuerpos sedimentarios, en la llanura deltaica. Los humedales costeros dominados por la dinámica fluvial son aquellos relacionados con relleno de bahías, mediante la acumulación de sedimentos procedentes de abanicos aluviales (Tabla 2).

Dentro del ámbito costero atlántico se han diferenciado tres grupos de humedales:

- Humedales dominados por la dinámica litoral
- Humedales dominados por la dinámica fluvial

- Humedales dominados por la dinámica mareal

En el grupo con predominio de la dinámica litoral se consideran los mismos sistemas definidos para el ámbito costero mediterráneo, es decir complejos de dunas que cierran antiguas bahías dando lugar a lagunas interiores.

En el grupo con predominio de la dinámica fluvial se pueden distinguir dos ambientes: las rías, que representan antiguos valles fluviales inundados por el mar, y los estuarios y sus marismas asociadas, donde se produce la interferencia entre las corrientes fluviales y los procesos marinos (fundamentalmente oleaje y mareas).

Dentro del grupo con predominio de la dinámica mareal se consideran las zonas húmedas ubicadas en llanuras intermareales, sectores de costas bajas comprendidos entre las líneas de bajamar y pleamar, en los que apenas participan los procesos de descarga fluvial.

En el ámbito continental (Tablas 3a y 3b) se han distinguido los siguientes grupos genéticos de humedales:

- Con control kárstico
- Con control fluvial
- Con control morfológico
- Con control de erosión diferencial
- Con control estructural
- Con control volcánico
- Con control glaciar

En el grupo cuyo origen está controlado por los procesos kársticos se pueden diferenciar dos tipos, el desarrollado sobre rocas carbonáticas y el generado sobre rocas evaporíticas. Este tipo de humedales se instalan sobre dolinas de disolución o sobre poljes, relacionados directamente con la actividad exokárstica o sobre zonas deprimidas formadas o inducidas por el colapso de cavidades kársticas subterráneas.

En el grupo de control fluvial se incluyen las lagunas y zonas pantanosas situadas en los sistemas aluviales, normalmente en la llanura de inundación adyacente a los cursos fluviales. En este grupo se incluyen los humedales formados en antiguos meandros abandonados y los ubicados en las zonas deprimidas situadas entre barras emergentes.

La característica principal del grupo de humedales con control morfológico es su emplazamiento sobre zonas de topografía llana o con muy suave pendiente, es decir, sobre grandes superficies morfológicas de erosión o colmatación. Estos humedales se instalan sobre cubetas suavemente deprimidas, originadas por procesos de compactación diferencial, lavado de finos, deflacción, etc.

El grupo controlado por procesos de erosión diferencial está formado por los humedales ubicados en sectores donde aflora una serie de materiales con

diferente susceptibilidad a la erosión. Estos procesos dan lugar a la formación de depresiones en las zonas donde se situaban los materiales poco competentes que han sido erosionados con mayor intensidad.

En el grupo de humedales con control estructural se integran aquellos cuya causa genética dominante está relacionada con la deformación tectónica de los materiales subyacentes. Esta deformación, tanto de tipo frágil, fundamentalmente fracturas, como dúctil, fundamentalmente pliegues, pueden originar zonas deprimidas, en donde se instalan este tipo de humedales. Es importante indicar que un agente tectónico como es la subsidencia determina gran parte de la evolución de cualquier zona húmeda.

En el grupo de control volcánico se incluyen todos aquellos humedales emplazados en depresiones formadas por cierre o acumulación de coladas volcánicas, cráteres y también los situados en calderas magmatofreáticas formadas por la explosión producida al ponerse en contacto fluidos volcánicos ascendentes con un acuífero superficial.

Por último, el grupo de humedales con control glaciar está formado por aquellos ubicados en zonas deprimidas por sobreexcavación glaciar o por cierres de morrenas.

Esta clasificación distribuye los humedales Ramsar españoles (hasta febrero de 2006) en los siguientes grupos:

Ámbito costero mediterráneo	Ambientes	Humedales (Ramsar)
Dominados por la dinámica litoral	<i>Bahías litorales cerradas por cordones arenosos</i>	Prat de Cabanes-Torreblanca Albufera de Valencia Albufera de Mallorca Marjal de Pego-Oliva Salinas de Ibiza y Formentera Salinas de Santa Pola Salinas de la Mata y Torrevieja Mar Menor Salinas del Cabo de Gata Punta Entinas-Sabinar
Dominados por la dinámica fluvial	<i>Llanuras costeras</i>	Aiguamolls de l'Émpordà
	<i>Deltas</i>	Delta del Ebro Albufera de Adra

Tabla 1. Humedales españoles incluidos en el Convenio de Ramsar ubicados en el ámbito costero mediterráneo

Table 1. Spanish wetlands included in the Ramsar Convention located in the coastal Mediterranean region

Ámbito costero atlántico	Ambientes	Humedales (Ramsar)
Dominados por la dinámica litoral	<i>Laguna costero atlántica con cierre dunar</i>	Complejo playas, dunas y laguna de Corrubedo Laguna y arenal de Valdoviño
Dominados por la dinámica mareal	<i>Llanuras intermareales de rango atlántico</i>	Complejo intermareal Umia-Grove Doñana Marismas del Odiel Bahía de Cádiz Saladar de Jandía Palos y las Madres
Dominados por la dinámica fluvial	<i>Rías</i>	Rías de Ortigueira y Ladrado Ría de Guernica-Mundaca Ría del Eo
	<i>Estuarios y marismas asociadas</i>	Marismas de Santoña, Victoria y Joyel Txingudi

Tabla 2. Humedales españoles incluidos en el Convenio de Ramsar ubicados en el ámbito costero atlántico

Table 2. Spanish wetlands included in the Ramsar Convention located in the coastal Atlantic region

Ámbito continental	Ambientes	Humedales (Ramsar)
Con control kárstico	<i>Karst en evaporitas</i>	Fuente de Piedra Lagunas de Laguardia (Carralagroño, Valseca y Musco) Zonas húmedas del sur de Córdoba Lagunas de Cádiz (Medina) El Hito Salinas de Añana Laguna de la Vega o del Pueblo Espera Conde o Salobral Tiscar Los Jarales Honda Chinche Campillos
	<i>Karst en carbonatos</i>	Tablas de Daimiel Laguna de Gallocanta Lago de Banyoles Laguna de Manjavacas
Con control fluvial	<i>Llanuras de inundación</i>	Embalse de las Cañas Lagunas de Alcázar de San Juan: las Yeguas y Camino de Villafranca El Hondo Lagunas de Villafáfila Puebla de Beleña Nava de Fuentes Salburúa Laguna de Pitillas Brazo del Este

Tabla 3 a. Humedales españoles incluidos en el Convenio de Ramsar ubicados en el ámbito continental  
 Table 3 a. Spanish wetlands included in the Ramsar Convention located in the continental region

Ámbito continental	Ambientes	Humedales (Ramsar)
Con control morfológico	<i>Superficies con topografía suave</i>	Complejo lagunar de La Albuera
Con control de erosión diferencial	<i>Depresiones por cambios litológicos</i>	Complejo lagunar de la Salada de Chiprana
Con control estructural	<i>Depresiones tectónicas</i>	Lagunas de Cádiz (Laguna Salada) Padul
Con control volcánico	<i>Calderas magmatofreáticas</i>	Laguna del Prado o de Pozuelo
Con control glaciar	Sobreexcavación glaciar	Aigüestortes y Lago Sant Maurici Peñalara Urbión
<b>Antrópicos</b>		
Embalses artificiales		Embalses de Cordobilla y Malpasillo Embalse de Orellana Embalse de Ullibarri

Tabla 3 b. Humedales españoles incluidos en el Convenio de Ramsar ubicados en el ámbito continental (arriba) y los de origen antrópico (abajo)  
 Table 3 b. Spanish wetlands included in the Ramsar Convention located in the continental region (up) and the wetlands of antropic origin (down)

## Caracterización de los diferentes grupos de humedales

Los humedales constituyen elementos geológicos de gran importancia para determinar la evolución de ciertas regiones durante los últimos miles de años. En consecuencia, junto con su indiscutible valor ecológico, como enclaves para la conservación de la biodiversidad, también deben considerarse con un alto valor estratégico para el estudio de la historia geológica regional y por lo tanto como elementos significativos de la geodiversidad y del patrimonio geológico.

La clasificación propuesta y el estudio de numerosos humedales, incluidos o no en la lista de Ramsar, ha permitido establecer unas características básicas según sus condiciones genéticas de formación:

1. Respecto a la morfología de los humedales continentales se pueden establecer las siguientes características:

- Los humedales de tipo kárstico presentan formas subredondeadas, con profundidades variables y topografía de fondo irregular, en función de su relleno y de la ubicación del humedal. Los situados sobre morfologías kársticas funcionales suelen ser más profundos, mientras que los humedales emplazados sobre depresiones generadas por karst subyacente son, habitualmente, más someros. A grandes rasgos no se observan diferencias morfológicas entre los humedales de tipo kárstico carbonático y yesífero-salino, solo indicar que los humedales situados sobre rocas evaporíticas son más abundantes en España.
- Los humedales de origen fluvial presentan formas alargadas, según la dirección de la corriente principal, con profundidades pequeñas, uno o dos metros, y fondos planos.
- Los humedales con control morfológico presentan formas muy variadas, generalmente con profundidades pequeñas, alrededor de un metro, y fondos planos.
- Los humedales producto de la erosión diferencial mantienen formas irregulares, dependiendo de la disposición de los materiales más competentes, que definen la geometría de estas lagunas. La profundidad depende del espesor de las capas incompetentes, aunque no suelen ser muy profundas.
- Los humedales estructurales presentan geometrías longitudinales, según las principales directrices tectónicas, con profundidades variables y escalones o rupturas de pendiente en su fondo.
- Los humedales de origen volcánico presentan geometrías subcirculares, con profundidades muy variables.

- Los humedales de origen glaciar presentan formas subcirculares y profundidades importantes, en función del espesor de la morrena de cierre y del proceso de sobrexcautación glaciar. La topografía de fondo suele ser muy regular.
2. Respecto a la morfología de los humedales litorales, tanto en los mediterráneos como en los atlánticos, se puede establecer que:
- Los humedales con predominio de la dinámica litoral presentan formas alargadas, paralelas a la costa, con profundidades medias comprendidas entre uno y dos metros.
  - Los humedales con predominio de la dinámica fluvial presentan formas alargadas, generalmente perpendiculares a la costa, con profundidades muy variables, en general no mayor de unos pocos metros como media.
  - Los humedales con predominio de la dinámica mareal presentan formas y profundidades muy variadas, dependiendo del rango de marea.
3. Respecto a la evolución de los humedales continentales se puede establecer que, en general, estos tienden a colmatarse con un ritmo que depende de la actividad funcional actual del proceso de formación. Cualquier modificación en la cuenca de alimentación o del acuífero, del que depende el humedal, interfiere con el proceso formacional y modifica su evolución natural. Aunque cada grupo de humedales evoluciona de forma específica, hay que indicar que:
- La evolución de los humedales de tipo kárstico tienden a su colmatación y a incorporar a la zona húmeda nuevas formas de absorción. Estos lagos o lagunas pueden evolucionar dependiendo de la impermeabilización del fondo y de las variaciones del nivel freático, llegando incluso a desaparecer o a quedar colgados dentro del sistema kárstico.
  - Los humedales de origen fluvial suelen modificar su morfología con frecuencia, en aquellos sistemas activos, de acuerdo con el sentido del flujo fluvial, rellenándose, en ocasiones, por limos de inundación.
4. Respecto a la evolución de los humedales litorales, tanto mediterráneos como atlánticos, se puede establecer que:
- La evolución de los humedales con predominio de la dinámica litoral depende en gran medida del desarrollo de la restinga. En régimen natural, estas albuferas tienden a colmatarse por sedimentación muy rápidamente (Cooper, 1994). Cualquier cambio en las condiciones ambientales naturales modifica esta tendencia; estos cambios están representados, entre otros,

por movimientos en el nivel del mar, variaciones en los suministros de la deriva litoral, etc.

- Los humedales con predominio de la dinámica fluvial están influidos por el desarrollo de los sistemas deltaicos de los que dependen. Estos sistemas se caracterizan por presentar una evolución muy rápida, con formación y destrucción de humedales. Así, en el delta del río Adra (Almería), entre mediados y finales del siglo XIX ha desaparecido una zona húmeda, Albufera Ancha y se ha formado otra, a principios del XX denominada actualmente como Albufera Nueva (Durán *et al.*, 2005).
  - Los humedales con predominio de la dinámica mareal dependen de la evolución de su magnitud y de las corrientes de marea.
5. Respecto a su funcionamiento hídrico, es importante indicar que alrededor del 82 % de los humedales españoles incluidos en la Lista de Ramsar mantiene alguna dependencia de las aguas subterráneas procedentes de los acuíferos de su entorno (Durán *et al.*, 2003).
- Los humedales continentales que presentan una mayor dependencia de los acuíferos del entorno son los de tipo kárstico y los de origen fluvial. Con una dependencia variable se sitúan los de origen estructural y los volcánicos. Con una menor dependencia se encuentran los formados por la erosión diferencial. Las características hidroquímicas de sus aguas están impuestas, en la mayor parte de los casos, por los aportes de agua subterránea ya que estas se encuentran, generalmente, más mineralizadas.
  - Los humedales costeros mediterráneos dominados por la dinámica litoral y fluvial mantienen una estrecha relación con el agua subterránea, condicionando estas la alimentación y las características hidroquímicas de sus aguas. La explotación hidrogeológica de estos humedales modifica las condiciones naturales de estas zonas húmedas, provocando la intrusión de la zona de interfase agua dulce/agua salada.
  - Los humedales costeros atlánticos dominados por la dinámica litoral, mareal y fluvial mantienen una ligera dependencia del agua subterránea ya que, generalmente, en sus inmediaciones no existen aportes de acuíferos importantes. No obstante, localmente, el agua subterránea sí puede influir en la alimentación de algunos de ellos, ya sea mediante aportes de agua subterránea por fracturas o surgencias de acuíferos cuaternarios costeros, de mayor o menor desarrollo.

## Conclusiones

Como resultado de la aplicación de una clasificación genético-geológica a los humedales especiales incluidos en el Convenio de Ramsar y del análisis de las características básicas, se deducen las siguientes conclusiones:

1. Los criterios geológicos de clasificación permiten formar grupos de humedales con características genéticas determinadas, y establecer, en gran medida, cualidades tales como: geometría, profundidad, funcionamiento hidrogeológico, características hidroquímicas de sus aguas y por último, permiten definir unas pautas de evolución natural para cada grupo de humedales establecido.
2. La clasificación de los humedales españoles incluidos en la Lista del Convenio de Ramsar (hasta febrero del 2006) pone de manifiesto la existencia de 12 grupos principales según sus condicionantes morfogénicos de formación (geometría, profundidad, alimentación y evolución). Estos grupos son:

En el ámbito costero mediterráneo:

- Los humedales dominados por la dinámica litoral; formados por bahías litorales cerradas por cordones arenosos constituyen el mayor grupo de humedales costeros, (16 % sobre el total de los humedales Ramsar españoles).
- Los humedales dominados por la dinámica fluvial; se pueden diferenciar dos subgrupos: deltas (3,2 % del total) y llanuras aluviales costeras (1,6 %).

En el ámbito costero atlántico:

- Los humedales dominados por la dinámica litoral; constituidos por lagunas costeras con cierre dunar (3,2 %).
- Humedales dominados por la dinámica mareal; incluyen los constituidos por las llanuras mareales de rango atlántico (9,6 %).
- Humedales dominados por la dinámica fluvial; en los que se puede diferenciar dos grupos constituidos por las rías (4,8 %), y por estuarios asociados a marismas (3,2 %).

En el ámbito continental:

- Humedales con control kárstico; en el que se pueden diferenciar dos grupos: con control kárstico en evaporitas (20,6 %), y con control kárstico en carbonatos (6,4 %).
- Humedales con control fluvial: relacionados con la formación de llanuras de inundación fluvial (14,2 %) y con sistemas aluviales (1,6 %).
- Humedales con control morfológico: emplazados sobre zonas con una suave topografía (1,6 %).
- Humedales con control de la erosión diferen-

cial: relacionados con los diferentes grados de erosión según la litología (1,6 %).

- Humedales con control estructural: dominados por sus características tectónicas (1,6 %).
  - Humedales con control volcánico: relacionados con la formación de humedales en calderas volcánicas (1,6 %).
  - Humedales con control glaciar: relacionados con sobreexcavación glaciar y sistemas morrénicos (4,8 %).
3. Respecto a la morfología de los humedales se puede establecer:
- Los humedales de tipo kárstico presentan formas subredondeadas con profundidades variables y topografía de fondo irregular, en función de su relleno.
  - Los humedales de origen fluvial presentan formas alargadas, según la dirección de la corriente principal, con profundidades relativamente pequeñas y fondos planos.
  - Los humedales de origen volcánico presentan geometrías circulares, con profundidades muy variables.
  - Los humedales con predominio de la dinámica litoral presentan formas alargadas, paralelas a la costa, con profundidades someras.
  - Los humedales con predominio de la dinámica fluvial presentan formas alargadas, generalmente perpendiculares a la costa, con profundidades muy variables.
4. Respecto a su funcionamiento hídrico, el 82 % de los humedales Ramsar españoles mantiene alguna dependencia de las aguas subterráneas procedentes de los acuíferos de su entorno más o menos cercano. El 16 % mantiene una alta dependencia, el 30 % mantiene una dependencia media y el 36 % mantiene una dependencia baja.
5. Respecto a la evolución los humedales y teniendo en cuenta que cada grupo evoluciona de forma específica, se puede establecer que tienden a colmatarse dependiendo -la velocidad de colmatación y el tipo de relleno- de la funcionalidad actual del proceso de formación. El cese del proceso formacional acelera la sedimentación.

## Agradecimientos

Al Dr. Francisco Carrasco, de la Universidad de Málaga y a un segundo revisor anónimo, por sus críticas y aportaciones constructivas, que ayudaron a la mejora del original. A los editores especiales de este volumen por su constante apoyo y trabajo.

## Referencias

- Andrés, J.R. y Gracia, F.J. 2000. *Geomorfología litoral. Procesos activos*, IGME, Madrid, pp. 214.
- Bernués, M. 1998. *Humedales españoles inscritos en la lista del Convenio de Ramsar*. Colección Técnica, Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, 386 pp.
- Borja, C. y Borja, F. 2002. Contribución a la clasificación genética de los humedales Andaluces: tipos genéticos y complejos palustres. En: A. Pérez-González, J. Vegas y J. Machado (ed.), *Aportaciones a la geomorfología de España en el inicio del tercer milenio*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 25-30
- Borja, F. y Manzano, M. 2003. Humedales andaluces y regionalización ecológica. *Revista de Medio Ambiente*, nº 42, 3 pp.
- Cirujano, S. y Medina, L. 2002. *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha*. Real Jardín Botánico CSIC-Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 340 pp.
- Convención de RAMSAR. 1996. *Definición de "humedales" y Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales de la Convención de Ramsar*. Suiza, 25/12/1996, <http://www.ramsar.org>, e-mail: Ramsar@ramsar.org
- Cooper, J.A.G. 1994. Lagoons and microtidal coast. En Carter, R.W.G.; Woodroffe, C.D. *Coastal Evolution*. Cambridge, University Press, pp: 219-265.
- Durán, J.J., García de Domingo, A. y López Geta, J.A. 2003. *Hydrogeological Characterization of the Spanish Wetlands Included in Ramsar Convention*. Instituto Geológico y Minero de España. 1 mapa. ISBN: 84-7840-490-2.
- Durán, J.J., García de Domingo, A., López Geta, J.A., Robledo, P.A. y Soria, J. M. 2005. *Humedales del Mediterráneo español: modelos geológicos e hidrogeológicos*. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 3, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 160 pp.
- Durán, J.J. y García de Domingo, A. 2009. *Modelos Geológicos e hidrogeológicos de los humedales Ramsar andaluces*. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, Nº 28, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 67-80.
- Gonzalez-Bernáldez, F 1998. Typology of wetlands and evaluation of the resources they represent. *Hydrology of Wetlands in Semiarid and Arid Regions*. Agencia del Medio Ambiente, Sevilla, pp. 7-36.
- González-Bernáldez, F. y Montes, C. 1989. Variedad de los humedales Mediterráneos: bases de una clasificación genético-funcional. *Seminar on the Management of mediterranean Wetlands, Doñana National Park.*, 13-18 pp.
- Junta de Andalucía. 2002. *Plan Andaluz de Humedales*, Consejería de Medio Ambiente, pp. 95-114.
- Manzano, M. 2001. Clasificación de los humedales de Doñana atendiendo a su funcionamiento hidrogeológico. *VII Simposio de Hidrogeología*, T.XXIV, Murcia, pp. 57-75.

- Manzano, M., Borja, F. y Montes, C. 2002. Metodología de tipificación hidrológica de los humedales españoles con vistas a su valoración funcional y a su gestión. Aplicación a los humedales de Doñana. *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 113 (3), 313-330.
- Ministerio de Medio Ambiente, 1999. *Plan Estratégico Español para la conservación y el uso racional de los humedales, en el marco de los ecosistemas acuáticos de que dependen*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, 88 pp., Madrid.
- Montes, C. 1995. *Inventario y clasificación de lagos y humedales españoles. Tipificación y clasificación de humedales: bases para la elaboración de modelos de actuación y gestión prioritarios*. DGOH-SEPOH-MOPT-MA. Madrid.
- Rodríguez, J. y Pérez González, A. 1999. Clasificación geomorfológica de los humedales y fondos endorreicos de la Mancha centro-occidental. *Geogaceta*, nº 26, pp. 83-86.
- Viñals, M.J. 1999. La variabilidad de las cubetas de los humedales mediterráneos: formas y procesos geomorfológicos. *SEHUMED*. ISSN: 1137-7755, Valencia, pp. 91-98.

Recibido: septiembre 2009

Revisado: septiembre 2009

Aceptado: octubre 2009

Publicado: octubre 2009

