

# LA VARIABILIDAD DE LAS CUBETAS DE LOS HUMEDALES MEDITERRÁNEOS: FORMAS Y PROCESOS GEOMÓRFICOS

MARÍA JOSÉ VIÑALS  
Doctora en Geografía  
Universidad Politécnica de Valencia

## RESUMEN

El presente trabajo aborda el estudio de las cubetas o álveos de las zonas húmedas, con el objetivo de identificar todos aquellos factores naturales y también antrópicos que condicionan su dinámica. De este modo, una vez analizados los distintos tipos de humedales existentes en la cuenca mediterránea, se estudian los procesos de índole geológica, geomorfológica, climática que controlan la evolución de las cubetas y las posibles repercusiones hidrogeomorfológicas que pueden acontecer calibrando su dimensión espacio-temporal.

## Abstract

The present work deals with the study of wetland bed. Its aim is to identify all the factors (natural and human) that determine wetland dynamics. First, an analysis of the different wetland types in the Mediterranean basin is presented; then we study processes (geological, geomorphological, and climatic) that control basin evolution. Finally, the possible hydrogeomorphological consequences and its space-time dimension are analyzed.

## INTRODUCCIÓN

Los humedales son uno de los ecosistemas más frecuentes y de mayor valor ecológico de la cuenca mediterránea. Se trata de bióticos de composición y estructura compleja y de delicado equilibrio ecológico en donde interactúan los ámbitos terrestre, atmosférico y acuático (ecotono), siendo la variabilidad de la forma y de los procesos, tanto en el tiempo como en el espacio y a diversas escalas, una de sus características más notables (MARGALEF, 1987; CUSTODIO, 1987).

Los humedales son difíciles de definir y la terminología que los envuelve es, en ocasiones, profusa (ver trabajo de GONZALEZ BERNALDEZ, 1992) y, en ocasiones, confusa. La definición legal y de mayor reconocimiento internacional (no por ello exenta de controversias apuntadas desde foros científicos) es la propuesta por el Bureau Ramsar que hace referencia a: "área cenagosa, pantanosa o turbosa, llanos de inundación o espejos de agua naturales o artificiales, permanentes o temporales, de aguas remansadas o corrientes, dulces, salobres o salinas, con inclusión de las aguas marinas cuya profundidad en marea baja no rebasa los seis metros".

En este trabajo se plantea una revisión de todos aquellos factores y elementos que puedan contribuir a la variabilidad de lo que sería el álveo o cubeta en donde se instala un humedal y las posibles repercusiones morfológicas que representan.

## LA ESTRUCTURA FÍSICA QUE DA SOPORTE A UN HUMEDAL: EL ÁLVEO O CUBETA. DEFINICIÓN Y TIPOS

El álveo o cubeta de un humedal es una zona (más o menos extensa) topográficamente deprimida (endorreica o exorreica) y consti-

tuida por materiales impermeables (o con un nivel de saturación hídrica elevado que inhiba los procesos de infiltración) en donde se recoge el agua que configura el humedal.

Algunos álveos son, en ocasiones, apenas imperceptibles topográficamente (por ejemplo las sebkhas, o las cuencas endorreicas de La Mancha) porque son muy planas, apenas presentan concavidad ni encharcamiento aparente (caso de los criptohumedales donde el agua se encuentra a nivel de las raíces de las plantas), de forma que la única forma de distinguirlos es a través de las diferencias de tipos de suelo y de vegetación, ya que la fauna se adapta a las variaciones de humedad/aridez constituyéndose así como difíciles indicadores de los ambientes húmedos (MITSCH y GOSSELINK, 1993).

La realización de una tipología morfológica de las zonas húmedas es difícil, debido a la cantidad de subambientes que se pueden caracterizar como tales, al carácter extremadamente cambiante de estos ambientes en el espacio y en el tiempo y al vigoroso dinamismo que presentan, capaces de modelar formas nuevas en breves períodos de tiempo. De esta forma, un mismo humedal puede conocer diversas morfologías a lo largo de su vida geológica según el sistema esté en una fase de juventud, madurez o senilidad y por lo tanto desde el punto de vista de la ordenación del territorio interesa saber hacia donde va a evolucionar en un futuro, considerando siempre las alteraciones de la tendencia introducidas por el hombre. Por otra parte, una migración del complejo hacia tierra o hacia el mar puede cambiar totalmente su fisonomía, lo mismo que si se producen variaciones en el sistema de alimentación hídrica o de sedimentos.

La tipología de zonas húmedas que se puede establecer en base a la génesis y evolución morfológica del álveo es amplia y engloba un espectro variado de procesos y formas (ver VIÑALS, 1993). En esta clasificación va implícita, en cierta medida, el tipo de alimentación

hídrica y sus características. Con todo, existen unas características comunes a todas ellas, que son:

- la topografía muy plana o ligeramente deprimida;
- la cercanía a la superficie del nivel freático;
- la extrema fluctuabilidad del régimen hidrológico inducida directamente por las características del clima mediterráneo.

Además de los modelos puros que se presentaran a continuación, hay que señalar que se pueden dar todo tipo de combinaciones genéticas, de aprovisionamiento de aguas y de interferencia humana.

**Las zonas húmedas cuyos álveos están ligados a morfologías fluviales principalmente de cuenca baja:** Llanos de inundación, deltas y estuarios y en algunas ocasiones los propios lechos de las zonas semiáridas, que están secos la mayor parte del año, (ramblas, canales braided que tienen el sustrato saturado de aguas subterráneas o las zonas de desembocadura, se consideran como zonas húmedas ya que funcionan durante largos períodos más como zona de remansamiento de las aguas que como colector del flujo.

**-Llanos aluviales:** Los llanos aluviales propicios al desarrollo de humedales son, sobre todo, los de tipo convexo. El anegamiento se produce en las partes más deprimidas del llano. Evolucionan por agradación pero en consonancia con otros subambientes (como las motas) por lo que se sigue manteniendo la forma de la cubeta con el crecimiento sedimentario y, por tanto, el riesgo de colmatación se determinaría a largo plazo. Meandros abandonados y paleocanales no activos configuran humedales más pequeños en estos llanos de inundación y pueden evolucionar a una escala menor.

**-Deltas:** Son, sin duda, uno de los ambientes mediterráneos más propicios para la formación de humedales (sobre todo aquellos que su dinámica está regida básicamente por el río) dado el exiguo rango de marea y la moderación de los oleajes de este mar. Así, podemos encontrar diversos subtipos de humedales que van desde los marjales temporales y pobremente drenados hasta los permanentes bien drenados situados en zonas de avenidas recurrentes. En los llanos interdistributarios se forman bahías donde las masas de agua están conectadas permanentemente con el mar a través del oleaje o canales mareales. Estas bahías se rellenan en fases de progradación y se forman marjales o ciénagas que crecen a partir de las orillas.

La evolución de los humedales en los deltas está controlada conjuntamente por los procesos fluviales y los marinos. Los deltas son ambientes de evolución geológica reciente ya que experimentan un crecimiento veloz tanto en altura (agradación o acreción) como en superficie (progradación). Esto da lugar a una constante renovación de formas, de modo que los humedales más antiguos, situados en la parte más interior se van colmatando y desapareciendo, en favor de la creación de otros nuevos en el frente de avance deltaico. Los cambios más drásticos se producen con ocasión de las crecidas del río, que tienen carácter episódico.

**-Estuarios:** Son poco frecuentes en el Mediterráneo a causa de la inexistencia de mareas importantes. Las zonas de principal desarrollo de humedales en estos ambientes se da en las llanuras mareales que están adaptadas a la sumersión temporal. Los casos más destacables en el Mediterráneo se ajustan al tipo de estuario-barrera (lagunas estuarinas), que se caracterizan por la presencia de estrechas entradas construidas a través de una barrera arenosa costera. Estos espacios evolucionan hacia lagunas costeras salinas cuando la barrera se hace muy hermética. Los mejores ejemplos están en la

costa de Huelva y Cádiz, donde las flechas litorales han bloqueado parcialmente las entradas de los estuarios, favoreciendo la colmatación del estuario y la formación de marismas o llanuras mareales (DABRIO, 1989) como es el caso de las marismas de Doñana (estado senil del humedal).

**Las zonas húmedas ligadas a llanos costeros:** Lagunas, estanques litorales o albuferas, marjales o de agua dulce, marismas salobres constituyen las principales formaciones en estos ambientes. Se trata de subsistemas similares entre sí, pero en distinto estadio de su evolución y tienen un importante desarrollo en áreas subsidentes. La génesis de estos humedales es común a todos ellos: evolucionan en amplios interfluvios deprimidos separados del mar gracias a los aportes detríticos fluviales que configuran las barreras o restingas y que se forman siguiendo la orientación que les imponen las corrientes de deriva litorales (y también las transversales).

Una característica de estos humedales que los diferencia ligeramente de los deltaicos es la mayor longevidad. A partir de registros de sondeos profundos se ha podido observar que, al menos desde el Pleistoceno superior, en estas zonas se han desarrollado sucesivamente distintos subtipos de humedales (VIÑALS, 1996) y el modelo actual se remonta, al menos al período flandriense. Los deltas son todos de época histórica.

**-Las lagunas:** Son espejos de agua comunicados con el mar abierto a través de canales o bocanas cuya hidrodinámica está regida básicamente por las mareas. Este último elemento es el que controla los caracteres hidrológicos, morfológicos y ambientales de estos humedales. Las lagunas son morfológicamente los espacios húmedos más diversificados y uno de los sistemas de transición tierra-mar más difundido del mundo. Sin embargo, escasean en el Mediterráneo a causa de la falta de mareas de rango importante. Los mejores ejemplos se encuentran en la costa Altoadriática (foto 1) y en el Golfo de Gabés.

Las lagunas evolucionan por agradación y progradación, a partir de



Foto 1. Plaza de San Marcos, Gran Canal. Laguna de Venezia

los aportes terrígenos de los cursos de agua menores que llegan directamente a la laguna. Con el tiempo, se van cerrando las bocanas hasta acabar aislando a la laguna del mar, llegando a ser un lago retrodual.

**-Los estanques costeros o Albuferas:** Son el modelo morfológico de humedal costero más frecuente en el Mediterráneo. Se caracterizan, a diferencia de las lagunas, en que tienen una vida bastante autónoma del mar (aunque influyó bastante en su génesis) porque la barrera de cierre suele ser muy hermética. Pueden estar también



Foto 2. Albufera de Valencia

conectados con él mediante pasos, golas o bocanas pero no son de tipo mareal y casi no son funcionales en el sentido mar-tierra. (Foto 2) En el caso de los estanques, la evolución es más fatídica porque tienden al enterramiento salvo que exista algún elemento de rejuvenecimiento como una fuerte tasa de ascenso marino o una elevada subsidencia.

**-Ciénagas (Marjales) y Marismas:** Se trata de ambientes palustres que aparecen en las orillas de lagunas y estanques o constituyendo unidades paisajísticas propias como resultado de la evolución de antiguos espejos de agua (procesos de colmatación). Se caracterizan por la presencia de sedimentos finos, abundante vegetación, que contribuye de manera decisiva a atrapar sedimentos. La diferencia entre ambas es la calidad del agua que las alimenta: así, si se trata de aguas dulces se les conoce básicamente como “marjales” y cuando son aguas salobres, “marismas”.

**Las zonas húmedas ligadas a depresiones endorreicas:** Se trata de humedales que han evolucionado en zonas con dificultades topográficas para evacuar la escorrentía.

La génesis de estas cubetas se debe a la interferencia de fenómenos diversos, entre los que destacan: los estructurales o tectónicos y los litológicos: fosas tectónicas o grabens, cuencas de hundimiento pliocuaternarias, áreas subsidentes, sinclinales, zonas de disolución de yesos, de halitas, de calizas (dolinas), etc.

los geomorfológicos: superficies de erosión ligeramente combadas, etc. los climáticos: tienen lugar en zonas áridas con importantes vientos. Así, la deflación eólica es muy importante en la formación de Sebkas y Chotts (MAAMOURI, 1996; PERTHUISOT, 1996), donde el viento erosiona o excava incluso el fondo de una depresión, evacuando las arenas y llegando hasta sustratos arcillosos; o, en otros casos, da lugar a surcos de deflación interdunares, etc.

**Zonas húmedas ligadas a cubetas kársticas.** Se forman a partir de la disolución de las rocas carbonatadas (calizas y dolomías masivas sobre todo). Entre los diversos subtipos, encontramos humedales en dolinas, en pequeñas cubetas o pozas de cierta profundidad (gorgos), alimentadas generalmente con caudal subterráneo y asociado a corrientes fluviales. En algunos casos, la acción combinada de la disolución que ahonda el cauce fluvial, y la precipitación de los carbonatos disueltos que forman diques (de travertinos) transversales a la corriente, cierran una cubeta donde el agua se remansa. La ríos en donde aparecen estos gorgos y remansos tienen fundamentalmente una alimentación subterránea.

**Las zonas húmedas artificializadas y las artificiales:** salinas, arrozales, instalaciones de acuicultura, embalses de riego, canteras de arcilla abandonadas, etc.

Las salinas resultan del acondicionamiento de humedales naturales (en deltas, depresiones estructurales, etc.) que se sirven de la cercanía al mar para su aprovisionamiento de agua.

Los embalses de riego (colas de pantanos o propiamente todo el embalse en caso de que sean someros) constituyen en ocasiones importantes humedales en lugares donde las láminas de agua escasean, de ahí su interés paisajístico además del ecológico.

Los oasis, graveras y otros álveos excavados son creación artificial que evolucionan a partir de la captación de aguas subterráneas y/o superficiales.

Evolucionan en general poco porque el hombre se preocupa de mantener la forma y los procesos para que no pierdan su funcionalidad. Algunas de estas instalaciones tienen un gran valor paisajístico y cultural.

## FACTORES QUE CONTROLAN LA VARIABILIDAD EN EL ESPACIO Y EN EL TIEMPO DE LAS CUBETAS.

Los humedales pueden ser objeto de modificaciones muy diversas, tanto naturales como antrópicas, que pueden afectar a los elementos constitutivos del biotopo y de las biocenosis (VIÑALS, 1997). Sin embargo la forma o los elementos pueden llegar a ser objeto de una restauración; las afecciones que tienen que ver con los procesos funcionales (alimentación hídrica y sedimentaria, cadenas tróficas, etc.) revisten mayor gravedad porque suelen ser irreversibles.

Los cambios de que puede ser objeto la cubeta de un humedal se plasmaran en su forma de la siguiente manera: en la vertical: somerizándose o profundizándose en la horizontal: aumentando el perímetro encharcado o disminuyéndolo desplazándose de lugar (migración). Los fenómenos de profundización y aumento de la superficie encharcada son factores que ralentizan la tendencia natural del humedal hacia su colmatación y, por tanto, se podrían considerar como elementos rejuvenecedores del sistema. Los fenómenos que favorecen la somerización y la disminución de la superficie encharcada simplemente aceleran la dinámica natural.

Por otra parte, los procesos actuantes en los humedales pueden caracterizarse también en función de su plasmación en términos de tiempo y espacio. Así la escala de los procesos en el tiempo quedaría encuadrada en cambios que se producen a: corto plazo (1 año): se trata de fenómenos que pueden actuar incluso en pocas horas, son de carácter generalmente episódico pero tienen una gran capacidad modeladora. Medio plazo (decenios) largo plazo (siglos): son fenómenos de capacidad modeladora que actúan con un ritmo lento pero continuado.

En cuanto al espacio afectado, la escala puede variar entre: espacio

reducido: la zona encharcada estrictamente (hasta un máximo 1 km<sup>2</sup>). Se trata pues de espacios con gran riesgo de afección debido a su pequeño tamaño.

-Espacio de tamaño medio (1-10 km<sup>2</sup> o más): se consideran aquí repercusiones que puedan afectar a humedales mayores o humedales pequeños conjuntamente con sus subambientes y sus áreas de influencia.

-Espacio de tamaño grande (10-100 km<sup>2</sup>): se trata de cambios que puedan afectar en parte a la cuenca-vertiente superficial de un humedal.

-Espacio de tamaño muy grande (>100 km<sup>2</sup>): son aquellas variaciones que puedan afectar al acuífero que alimenta a un humedal y que tengan que ver con la morfología de la cubeta.

Por otra parte, los cambios a que están sujetos pueden ser de origen tanto natural como inducidos por el hombre.

Respecto a los procesos naturales es difícil planificar actuaciones y aplicar medidas correctoras; donde es más fácil actuar es en el control de las actividades antrópicas.

Hay que señalar, que debido al complejo funcionamiento que presentan estos ecosistemas, en muchas ocasiones las alteraciones de la cubeta no son propiamente intencionadas ni pretenden atentar contra sus recursos naturales ni valores, sino que son el resultado de un desconocimiento del funcionamiento del humedal, prácticas inadecuadas (porque se realizan lejos del ámbito estricto del humedal y se desconocen las posibles conexiones dinámicas con el humedal) y, en general, de la aplicación de una mala gestión del territorio.

En otros casos, hay que mencionar que si existe una clara intencionalidad de eliminación de estos ecosistemas mediante desecaciones, rellenos, etc. o de explotación desmedida de los recursos guiada de la mano de intereses económicos que tienen poco que ver con un uso sostenible y aún menos con la conservación y protección del medio natural.

En cualquier caso, generan una serie de efectos no deseados o colaterales, a veces irreversibles.

La combinación de todos los posibles procesos actuantes da lugar a una amplia gama de posibilidades de afecciones a la cubeta. En párrafos sucesivos se hace mención de algunos de los fenómenos más frecuentes con implicaciones directas o indirectas sobre el álveo del humedal, entendiendo claramente que existe otro grupo de factores (que no son objeto de este estudio), igualmente de ámbito natural como artificial, que afectan directamente a los recursos hídricos y que tienen tanta o más importancia en la génesis, evolución y pervivencia de las zonas húmedas.

### ***Factores de índole geológica y geomorfológica de carácter episódico, con grandes repercusiones paisajísticas y respuesta a corto plazo***

Se trata de fenómenos episódicos que no responden a la actuación de procesos continuados. Entre ellos cabe destacar:

**-Movimientos sísmicos:** Un humedal, al igual que cualquier otro espacio, puede verse involucrado en un movimiento sísmico si está ubicado sobre un borde destructivo de las placas litosféricas.

Estos movimientos son de carácter episódico y al tratarse de zonas en donde la topografía presenta poco relieve, podría ocurrir que se dieran cambios del nivel de base, provocando ligeras variaciones en el trazado de los ríos, capturas, corrimientos de tierras, etc. En algunas ocasiones podría verse modificada la forma de las cubetas existentes o, en casos de mayor intensidad, incluso llegarían a desaparecer o también a crearse otras nuevas cubetas en lugares diversos.

**-Vulcanismo activo:** Se trata de un fenómeno de carácter episódico que afecta a una pequeña parte de la cuenca mediterránea. La emisión de coladas y materiales volcánicos con ocasión de una erupción tiene una plasmación morfológica muy importante en un amplio territorio, ya que puede desde crear álveos (algunas salinas de Canarias por ejemplo) hasta introducir importantes cambios paisajísticos y alterar la dinámica de los procesos.

También puede darse el caso de profundización de la cubeta por subsidencia inducida debido a procesos de licuefacción de los materiales.

**-Movimientos de masa:** Los movimientos de masa, especialmente los rápidos (avalanchas, coladas de fango, etc.), ponen en movimiento súbitamente una importante cantidad de materiales capaces de colmatar una zona húmeda en un momento dado, cualquiera que sea su tipo, pero lógicamente se ven más afectados los de menor tamaño. La posibilidad de que se produzcan movimientos de masa está en función del tipo y la pendiente de la ladera, los materiales parentales y la disponibilidad de agua. Se producen preferentemente en laderas de pendiente fuerte, sin vegetación, con materiales arcillosos y en presencia de agua. Se trata de un fenómeno catastrófico por el volumen de materiales que desplaza en tan breve tiempo.

Los humedales que pueden verse más frecuentemente involucrados en este tipo de riesgos son aquellos que tienen bordes escarpados (dolinas kársticas, por ejemplo).

**-Avenidas fluviales:** Es un fenómeno de primera magnitud geomorfológica dada su capacidad de transformación paisajística. La periodicidad de este evento es episódica (existen métodos para evaluar el período de recurrencia de las crecidas fluviales para un río dado).

Los efectos que pueden tener sobre el humedal pueden ser variados según el tipo y el tamaño del río y de la zona húmeda y pueden ir desde la destrucción (por colmatación del humedal) hasta la creación de otras nuevas pasando por todo tipo de modificaciones posibles. También la escala a la que se producen estas variaciones paisajísticas puede variar desde pocas horas (en el caso de los humedales pequeños que constituyen subambientes dentro de ámbitos fluviales más extensos) hasta siglos (afectan a superficies grandes).

Así, por ejemplo, un humedal desarrollado en un canal de tipo braided o anastomosado o en un delta puede formarse o desaparecer en una sola crecida del río. A medio plazo (decenios) se pueden producir cambios conducentes al abandono de meandros, con lo cual estaríamos en presencia de la formación de un nuevo humedal en un llano de inundación. Un meandro ya abandonado evoluciona más lentamente que un río braided ya que la corriente llega con más dificultad por la sinuosidad y lejanía del flujo activo (AMOROS, 1996).

Los cambios que se producen a largo plazo afectan sobre todo a los llanos de inundación en su globalidad. Éstos evolucionan por acreción o agradación (*onlapp*) lentamente, a escala de milenios en ausencia de intervenciones humanas, ya que son de gran tamaño. A su vez, en un llano de inundación el poder transformador de la corriente es menor y se trata de una inundación pasiva donde se produce una subida de las aguas sin corriente notable (escasa capacidad erosiva y de modificación de las formas).

### ***Factores de índole geológica y geomorfológica, de actuación lenta y continuada y respuesta a medio y largo plazo***

**-Movimientos tectónicos:** Se hace aquí referencia a los fenómenos geológicos postorogénicos ligados a la presencia de estructuras tectónicas (propias de borde de placas) y cuya actuación es lenta pero

continuada. Estos movimientos, conocidos como Neotectónica, tienden a elevar o a hundir el terreno; ejerciendo, de esta manera, un control activo sobre las formas que se manifiesta a medio y largo plazo. La plasmación geomorfológica de estos fenómenos es muy importante, (dependiendo de la intensidad de los mismos) y puede comportar modificaciones considerables para un humedal en un momento dado.

Los fenómenos de elevación producen, en primer lugar, cambios del nivel de base, que pueden conducir posteriormente a la desecación (al favorecer su desagüe) y, finalmente, a la erosión de un humedal con el consiguiente cambio de morfología de la cubeta. Puede, a su vez suceder, que quede “colgado” o desconectado del acuífero que lo alimenta, pasando entonces a ser un espacio controlado por agentes terrestres. Un alzamiento tectónico puede también provocar “capturas” fluviales que desvíen los flujos superficiales que alimentan una zona húmeda, dando lugar a una reorganización de la red fluvial. Y, además, puede reactivar las líneas de debilidad tectónica con consecuencias imprevisibles.

Contra este fenómeno tectónico no se pueden aplicar medidas correctoras, simplemente evitar los efectos sinérgicos inducidos para procurar no acelerar el ritmo natural.

Los fenómenos de hundimiento o subsidencia tectónica tienen un gran protagonismo en la evolución de muchas zonas húmedas, especialmente constatable en el caso de las costeras. Gran parte de estos espacios anfibios los encontramos sobre estructuras tectónicas afectadas por este fenómeno y ello es responsable, en parte, de que hayan podido perdurar en el tiempo más de lo previsto. La subsidencia es un fenómeno que tiene como consecuencia una ampliación de la capacidad de la cubeta. De este modo, contribuye a paliar los efectos de la sedimentación que ocasionan la colmatación del humedal. Así, a medida que los sedimentos van llegando a la cubeta, en vez de ir reduciendo el espacio encharcado, se van hundiendo, de forma que apenas se modifica la capacidad del álveo. Este hecho favorece la acumulación de importantes volúmenes de sedimentos. Estas series estratigráficas, además presentan una sucesión cronológica bastante completa ya que los episodios de erosión están minimizados y sólo tienen lugar cuando los fondos del humedal afloran a la superficie (VIÑALS, 1996). La existencia de estos espesores sedimentarios conlleva un efecto natural inducido que es la subsidencia por compactación, que se debe al peso ocasionado por la superposición de las distintas capas sedimentarias.

Los fenómenos de subsidencia pueden ser notablemente acelerados a causa de la actuación antrópica. El proceso más relevante relacionado con la subsidencia inducida es la sobreexplotación de las aguas subterráneas ubicadas en los acuíferos subyacentes. Las tasas de subsidencia en estos casos alcanzan valores sorprendentes y para períodos de tiempo brevísimos. Uno de los casos más espectaculares se produjo en el delta del Po cuando se pusieron en cultivo grandes áreas de esta llanura (BONDESAN, 1989) y en la zona de Marghera, cercana a la laguna Véneta en los años en que se creaba este polo industrial. Además este proceso lleva aparejados graves riesgos de salinización.

No hay medidas correctoras para la subsidencia, tan sólo se puede actuar en la ocasionada por el hombre.

**-Procesos de sedimentación:** Se considerarán en este epígrafe aquellos fenómenos geomorfológicos que contribuyen al relleno de las cubetas y que actúan de forma lenta pero continuada. Estos procesos producen una somerización paulatina de los fondos que puede conducir a la desaparición de la cubeta por colmatación y a una

sucesión ecológica o, lo que es lo mismo, a su transformación en ecosistema terrestre, fenómeno particularmente importante para la gestión a medio y largo plazo (AMOROS, 1996).

Ya se ha comentado anteriormente que una zona húmeda tiene un período de vida relativamente corto a escala geológica y su destino es la desaparición por colmatación o relleno. Por tanto, la evolución natural del mismo conlleva esta realidad física a menos que existan elementos rejuvenecedores del sistema (subsidencia por ejemplo) que mantengan tanto la morfología como la funcionalidad.

A tenor del tipo de materiales con que se rellenan los humedales, se presentan situaciones diversas:

**-Materiales detríticos:** Constituyen el volumen de materiales más significativo que llegan a los humedales. Son transportados mediante los flujos tributarios de la cuenca vertiente y mediante procesos de transporte lento de ladera. En climas áridos es importante constatar también la llegada de aportes mediante el viento.

**-Depósitos litoquímicos evaporíticos:** Son fundamentalmente sales que se depositan en el fondo del álveo, sobre todo, en humedales de cubeta somera en zonas semiáridas como las Sebkhas y Chotts (ALONSO, 1996).

**-Sedimentos de origen biológico:** Están constituidos por la acumulación de restos vegetales que se depositan en los fondos de las cubetas debido a la ineficacia de la actividad bacteriana para descomponer el exceso de materia orgánica (la tasa de producción vegetal es superior a la tasa de descomposición). Esta acumulación contribuye a somerizar la cubeta, además de que conlleva dos acciones más: hace las veces de trampa de sedimentos detríticos impidiendo su movilidad una vez depositados allí; y, en segundo lugar, se incrementan las tasas de evapotranspiración (desagüe del humedal) favoreciendo su desecación. El hombre contribuye de forma involuntaria a acelerar este proceso, vertiendo nutrientes en las aguas del humedal procedentes de drenajes agrícolas. De esta forma, se produce una eutrofización de las aguas y, por tanto, una bioacumulación superior a la prevista en condiciones naturales.

Los fenómenos de sedimentación tienen plasmación a medio plazo (pluridecenal, secular o histórica). A la hora de valorarlos hay que tener presente que sus efectos pueden estar afectados o modificados por otros factores naturales como la subsidencia por compactación (especialmente importante en los casos de rellenos con vegetales) o la subsidencia tectónica de una zona que puede contrarrestar o inducir a la sedimentación.

El hombre puede también alterar los procesos naturales de sedimentación mediante su actuación de forma voluntaria o involuntaria, siendo, posiblemente, estos procesos los más habitualmente modificados por la acción antrópica. Así, la sedimentación detrítica procedente de escorrentías superficiales ha sido tradicionalmente controlada de forma voluntaria mediante obras de corrección hidráulica (canales perimetrales que recojan agua y sedimentos, desvíos en ríos, etc.), como sucedió en la República Serenissima de Venecia en el siglo XIV con el objetivo de defender estratégicamente de los avatares militares y de las inundaciones fluviales el casco urbano que se encontraba en el medio de la laguna (FAVERO, 1992). Otra forma, aunque involuntaria, de impedir que lleguen sedimentos a los humedales se relaciona con la construcción de presas aguas arriba de los ríos y con la extracción de áridos de los cauces. Por otra parte, la destrucción de las dunas de las restingas dan lugar a una situación de escasez de sedimentos en la costa que hace extremada-

mente frágiles y erosionables las barreras frente a la erosión marina (PARDO, 1991). El mantenimiento de las golas (mediante acondicionamientos artificiales) siempre asegura una cierta evacuación de materiales desde el humedal hacia el mar, pero también favorece la entrada de materiales marinos con ocasión de temporales marinos. Por lo que respecta a los rellenos con vegetales, hay que mencionar que de forma involuntaria, la extracción de turbas, las instalaciones de acuicultura, la creación de embalses de riego aprovechando el álveo de un humedal, la recolección de vegetales y la llegada de drenajes agrícolas con sustancias herbicidas, cada uno en modo diverso, contribuyen a controlar la morfología del álveo y el crecimiento vegetal. De forma controlada se regula este fenómeno mediante la quema de vegetales y dragados periódicos.

Las explotaciones salineras actúan también como reguladoras de la forma del álveo, ya que esta actividad conlleva la extracción de las costras de sal que se acumulan en los fondos, impidiendo la acreción de estos depósitos litoquímicos. Mención especial merece la deposición expresamente intencionada de materiales que se realiza en los humedales con el objetivo de colmatar el álveo y hacer desaparecer el humedal. Los motivos que han llevado al hombre a esta práctica son diversos, pero el más frecuente ha sido la transformación con fines agrícolas, tema del cual existe una amplia y profusa bibliografía.

Existen diversos métodos para transformar un humedal en zona cultivable que van desde la desecación mediante el drenaje de sus aguas (que son sistemas que se centran fundamentalmente en el control de los recursos hídricos y que pueden llegar a ser muy graves) hasta la elevación de la topografía para situarse por encima del nivel freático. Esta última tiene que ver especialmente con transformaciones efectuadas en la cubeta. Hay diversas formas de acometer el terraplenado de un humedal: mediante acondicionamiento para arrozales, aterramientos tradicionales perimetrales, realizando “cultivos en parrilla o hileras” y mediante aterramientos totales.

Hay que señalar que los materiales empleados para la colmatación de estos pequeños humedales en muchas ocasiones no son de origen natural, sino residuos de desecho. Este hecho, además de ilegal porque las actividades de vertido necesitan una licencia expresa, tiene unas repercusiones ambientales gravísimas sobre el recurso agua, ya que puede llegar a contaminarlo. (Foto 3)



Foto 3. Terramientos con escombros, en la Marjal de la Safor (Valencia)

### ***Factores de índole geomorfológica y climática de actuación interanual, con repercusiones morfológicas a corto y medio plazo***

**-Temporales marinos:** Se trata de un fenómeno de periodicidad interanual que afecta lógicamente a los humedales costeros (fundamentalmente estanques o albuferas y a desembocaduras fluviales). Los temporales marinos producen una alteración del equilibrio dinámico erosión/sedimentación en el perfil costero, en este caso en las restingas; es decir, estas formaciones se ven erosionadas por los oleajes y, en el caso de aquellas que son particularmente estrechas, pueden ser objeto de roturas y de la apertura de nuevos pasos, facilitando la entrada de las aguas marinas e incrementando así la superficie encharcada y la salinidad en las zonas adyacentes. Otra de las consecuencias de esta dinámica marina, que es más frecuente en barreras amplias arenosas, es la obturación de los pasos o bocanas con materiales arrastrados por las corrientes; hecho que también ocurre en los humedales de desembocaduras fluviales. En el caso de la obturación de un paso de un estanque o albufera, las modificaciones introducidas duran relativamente poco tiempo, ya que una vez mitigado el temporal, el humedal va desaguando poco a poco el exceso de agua, reabriendo posteriormente los pasos. En el caso de desembocaduras fluviales de ramblas o cursos efímeros, la morfología puede perdurar más tiempo, pues habitualmente no existe un flujo importante que drenar desde el continente (este es el caso del río Mijares).

**Mareas extraordinarias:** Como ya se ha comentado en otros apartados de este trabajo, las mareas en el Mediterráneo apenas tienen protagonismo en la evolución de los humedales (sólo son significativas en el Alto Adriático y Golfo de Gabés). La periodicidad de las mareas extraordinarias es interanual y los efectos que sobre la cubeta ocasiona este fenómeno no son, a la larga, muy determinantes pero sí muy llamativos en el momento que se producen.

Cuando una marea alta ordinaria se combina con otros efectos como pueden ser vientos favorables, temporales marinos de invierno, etc. pueden producirse mareas altas extraordinarias (conocida como “Acqua Alta” en el Alto Adriático) que se plasman en una ampliación del perímetro encharcado. Este encharcamiento puede perdurar durante varios días. El fenómeno contrario, la marea baja extraordinaria puede llegar a tener efectos morfológicos en la cubeta aún más significativos, provocando la erosión de los canales mareales, dejando los fondos al descubierto en algunas ocasiones.

**-Sequías:** El clima mediterráneo se caracteriza por su irregularidad y en uno de los extremos de esta irregularidad encontramos las sequías, que tienen una periodicidad interanual (cada vez que se producen vienen a durar 4-5 años consecutivos).

Este fenómeno provoca una reducción bastante importante de los recursos hídricos en general lo que conduce a la desecación de muchos humedales.

Las repercusiones geomorfológicas que pueden producirse con ocasión de una sequía tendrían lugar en el caso de que las orillas y fondos del humedal quedasen al descubierto.

En este momento, y dado que el material de los suelos está suelto y por tanto es más susceptible de ser transportado por el viento, si los fondos no están protegidos por la cubierta vegetal, podrían verse sometidos a la deflación eólica, con lo cual se profundizaría el álveo. Este hecho no es en absoluto unívoco, porque también podría darse el caso de que actuara como zona de acumulación preferente de sedimentos eólicos con lo cual se produciría el efecto contrario.

***Factores de índole geológica y climática de actuación lenta y continuada que tienen lugar a escala planetaria con repercusiones geomorfológicas y paisajísticas a largo plazo***

**-Eustatismo:** Este fenómeno hace referencia a los cambios de nivel marino que, a escala global, se han producido durante el período Cuaternario en todos los océanos de la tierra por causas astronómicas y que se han plasmado en los distintos períodos glaciales.

Así, durante dichos períodos, el nivel de los mares estaba, al menos, en las inmediaciones de la actual isobata de -100 m.

Alternando con estos períodos glaciales, se han producido otros de duración más breve y carácter más templado-cálido, denominados interglaciales, como es el que vivimos actualmente (Holoceno).

Durante los episodios interglaciales el nivel de las aguas marinas alcanza las cotas actuales o incluso las supera (episodios Eemiense en el Pleistoceno superior o Flandriense en el actual período Holoceno, hace 6000 años).

Las repercusiones de los fenómenos de eustatismo alcanzan tanto a los humedales interiores como a los costeros ya que suponen importantes variaciones del nivel de base.

La adecuación a la nueva situación de equilibrio es paulatina, sobre todo en los casos de un descenso del nivel del mar, que se produce a lo largo de varios milenios y cuya plasmación en muchas ocasiones es en un primer momento la desecación del humedal y luego su posterior erosión, sea tanto por agentes eólicos, como fluviales.

Este hecho está documentado en diversos humedales costeros de la cuenca mediterránea como el caso de la Laguna de Venezia (FAVERO y SERANDREI, 1983) y la costa valenciana (VIÑALS, 1996), (VIÑALS y MATEU, 1999).

En el caso de una elevación del nivel del mar, el fenómeno reviste más interés porque se produce en un período de tiempo más breve, constatable a escala histórica, y con unas repercusiones directas sobre los asentamientos humanos situados en la línea de costa.

En este caso, lo que se produce es una invasión de aguas marinas que en un primer momento elevan el nivel de agua de los humedales costeros.

A continuación, los oleajes desplazan la línea de costa hacia el interior haciendo migrar el ecosistema húmedo hacia el interior.

Esta migración podrá continuar tierra adentro siempre que lo permitan las condiciones topográficas, ya que si el humedal se encuentra con relieves que impiden su desplazamiento, se verá constreñido a un espacio cada vez más reducido y, finalmente, y a consecuencia de la elevación continuada del nivel del mar, acabará siendo invadido por las aguas marinas.

Hay que hacer notar la importancia que tiene la sinergia de este efecto con el fenómeno de subsidencia, que sitúan a algunas zonas costeras en posición de alto riesgo de inundación marina. Contra los fenómenos de eustatismo no se puede hacer nada.

**-Cambio climático:** El debatido tema del cambio climático está relacionado con el fenómeno anteriormente comentado.

La tierra constata una elevación continuada de la temperatura que, en parte, es normal si consideramos que estamos en pleno período interglacial.

Un calentamiento de las temperaturas implica, como ya se ha visto, una elevación del nivel marino ya que se incorpora agua a los océanos debido a la fusión de hielos polares.

Los efectos que producen, sobre todo en los humedales costeros ya han sido comentados más arriba.

El problema real que presenta este fenómeno es la aceleración indu-

cida del incremento de la temperatura que se constata debido a la acción antrópica y que se conoce como "Efecto Invernadero".

Frente al fenómeno natural del incremento de las temperaturas no existe actuación posible, pero sí se puede mitigar o evitar el efecto invernadero inducido por el hombre para que no cree sinergias con el fenómeno natural. Es decir, se deberían controlar absolutamente las emisiones a la atmósfera de gases invernadero, no ya sólo por el daño futuro que puedan ocasionar a los humedales, sino en pro de la propia salud de la tierra y sus habitantes.

Hay que pensar que si a la tasa natural de elevación del nivel del mar se le añade la de subsidencia (tanto natural como inducida) que se registra en algunas zonas, obtenemos valores de +2+7 mm/año de incremento neto del nivel del mar como media (en casos extremos se estima 1 m para el año 2100). Así, por ejemplo, el área inundable del Ródano abarcaría todo la extensión del delta (COMIN, 1996).

**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES: CONSECUENCIAS TERRITORIALES DE LA VARIABILIDAD DE LAS CUBETAS**

De lo anteriormente expuesto se puede deducir que el álveo o cubeta de un humedal es un componente muy activo del biotopo que está expuesto a multitud de alteraciones y sinergias que pueden afectar a la forma y, lo que es más importante, a los procesos que controlan su dinámica. Así, el diseño de estrategias territoriales debe prever con la mayor precisión posible la evolución del biotopo para poder desarrollar una gestión eficaz.

Frente a la actuación de procesos naturales y sobre todo, frente a los de carácter episódico y resultados catastróficos, se puede hacer poca cosa, son prácticamente inevitables y aunque algunos se podrían mitigar con medidas correctoras, éstas siempre suelen llevar aparejados efectos secundarios negativos por lo que deben ser aplicadas con gran corrección. Hay, sin embargo otras formas y procesos funcionales en los humedales que el hombre ha modificado tradicionalmente, con efectos a menudo negativos para el ecosistema y que podían haberse evitado.

Algunas de las modificaciones ya efectuadas en la morfología de las cubetas por el hombre se pueden corregir mediante obras de restauración; otras, lamentablemente son de carácter irreversible. Donde es fundamental y decisiva la actuación del hombre es en la previsión. Así, las estrategias preventivas deben ser, en el futuro, la base de una buena política territorial.

Para poder diseñar e implementar políticas territoriales que contemplen una sostenibilidad de los recursos de las zonas húmedas (entendidos en sentido amplio) hace falta conocer perfectamente la dinámica del biotopo, no basta con caracterizar las biocenosis.

Hay que considerar de forma rigurosa, como se ha expuesto a lo largo de todo el trabajo, que son ambientes especiales, sujetos a una gran variabilidad y extremadamente sensibles a los cambios ambientales.

El conocimiento de las formas y procesos funcionales de un humedal nos proporcionará una definición de los límites del ecosistema bastante precisa y una zonificación de los distintos subambientes y áreas de influencia para eliminar o mitigar, en lo posible, todas las dificultades de gestión que pudieran plantearse.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, E. (Coordinador) (1996): *Legal and Administrative framework for mediterranean wetlands*. En MORILLO, C. y GONZALEZ, J.L. (editores): *Management of Mediterranean Wetlands*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente, D.G. Conservación de la Naturaleza, vol. I, pp.13-172.
- ALONSO, M. (1996): Endorheic and steppic complexes of the mediterranean wetlands. En MORILLO, C. y GONZALEZ, J.L. (editores): *Management of Mediterranean Wetlands*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente, D.G. Conservación de la Naturaleza, vol. I, pp. 83-108.
- AMOROS, C. (1996): Les zones humides des plaines d'inondation fluviales. En MORILLO, C. y GONZALEZ, J.L. (editores): *Management of Mediterranean Wetlands*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente, D.G. Conservación de la Naturaleza, vol II, pp. 209-238.
- BONDESAN, M. (1989): Geomorphological hazards in the Po delta and adjacent areas. *Supplementi di Geografia fisica e dinamica Quaternaria*, II, pp.25-33.
- COMIN, F. (1996): Coastal wetlands in deltas. En MORILLO, C. y GONZALEZ, J.L. (editores): *Management of Mediterranean Wetlands*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente, D.G. Conservación de la Naturaleza, vol. III, pp. 197-234.
- CUSTODIO, E. (1987): Peculiaridades de la Hidrología de los complejos palustres españoles. En: *Bases científicas para la protección de los Humedales en España*. Real academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, pp. 43-64.
- DABRIO, C. (1989): Playas e islas-barrera-lagoon. En ARCHE (editor): *Sedimentología*, vol I. Ed. CSIC, Madrid, pp. 349-394.
- FAVERO, V. (1992): Evoluzione morfologica e trasformazioni ambientali della conterminazione lagunare al nostro secolo. En: *Conterminazione lagunare. Storia, ingegneria, politica e diritto nella Laguna di Venezia*. Is. Ven. Scienze, Lettere de Arti, pp. 165-183.
- FAVERO, V. y SERANDREI, R. (1983): Oscillazioni del livello del mare de evoluzione paleoambientale della laguna di Venezia nell'area compresa tra Torcello de il margine lagunare. *Lavori Soc. Ven. Sc. Nat.*, 8, pp.83-102.
- GONZALEZ BERNALDEZ, F. (1992): *Los paisajes del agua: terminología popular de los humedales*. J.M. Reyero Editor, Madrid, 257 pp.
- MAAMOURI, F. (1996): Oasis. En MORILLO, C. y GONZALEZ, J.L. (editores): *Management of Mediterranean Wetlands*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente, D.G. Conservación de la Naturaleza, vol Y, pp. 147-152.
- MARGALEF, R. (1987): Teoría y modelado de los sistemas fluctuantes. En: *Bases científicas para la protección de los Humedales en España*. Real academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, pp. 31-42.
- MITSCH, W.J. y GOSSELINK, J.G. (1993): *Wetlands*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York (2ª edición), 722 pp.
- PARDO, J.E. (1991): *La erosión antrópica en el litoral valenciano*. Col. Tesis doctorales, 4, C.O.P.U.T., 240 pp.
- PERTHUISOT, J.P. MAAMOURI, F.y (1996): Sebkhass y Chotts. En MORILLO, C. y GONZALEZ, J.L. (editores): *Management of Mediterranean Wetlands*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente, D.G. Conservación de la Naturaleza, vol I, pp. 153-166.
- VIÑALS, M.J. (1993): *Geomorfología de las zonas húmedas mediterráneas*. En: Seminario de la U.I.M.P.-Valencia "Recursos hídricos y gestión medioambiental de las zonas húmedas mediterráneas".
- VIÑALS, M.J. (1996): *El Marjal de Pego-Oliva. Evolución geomorfológica*. Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura y Medio Ambiente, 352 pp.
- VIÑALS, M.J. (1997): *Riesgos litorales y humedales costeros: Tipologías y régimen jurídico*. Informe a la comisión de riesgos naturales del Senado Español. SEHUMED, 25 pp.
- VIÑALS, M. J. y MATEU, G. (1999): Reconstrucción ambiental de la secuencia holocena en S'Albufera d' Alcudia (Mallorca, España). *Geoarqueología y Quaternari Litoral. Memorial - M. P. Fumanal* pp. 3 -12 .

EDITA: Sede para el Estudio de los Humedales Mediterráneos (SEHUMED) / DOMICILIO: Despacho 0.74 / Laboratorio de Ecotoxicología / Departamento de Biología Animal / Edificio Departamental "Jeroni Muñoz" / Universitat de Valencia / c/ Doctor Moliner 50 / E-46100 BURJASSOT (Valencia) España /  
Tel y Fax: (34) 96. 398. 30 53 / E-mail: SEHUMED@uv.es / Página WEB: <http://SEHUMED.uv.es>  
DISEÑO y MAQUETACION: Carmen Gil Llorens / FOTOMECANICA: Mediterráneo Color, S.L. / IMPRIME: Imprenta Máñez /  
DEPOSITO LEGAL: V - 1.205 - 1997 ISSN: 1137 - 7755