





# CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES EN EL LITORAL DE TORRE LA SAL DURANTE EL HOLOCENO

---

## INTRODUCCIÓN

El área arqueológica de Torre de la Sal se localiza en la llanura costera de Oropesa-Torreblanca, en el contacto entre las unidades de abanicos aluviales, el humedal del Prat de Cabanes y la barrera litoral de gravas. Esta llanura ha sido objeto de numerosos trabajos de investigación que aportan datos útiles para un estudio geoarqueológico y que se han centrado en la geomorfología y sedimentología (Mateu, 1982; Rosselló, 1993; Sanjaume, Segura 1986; Segura, Sanjaume, Pardo, 1990; Sanjaume, Gusi, Pardo, 1991; Segura, Sanjaume, Pardo, 1995; López-Buendía, 1995; López-Buendía, Bastida, Sancho, 1999a; Segura, Pardo, Sanjaume, 1997; Segura, Pardo, Sanjaume *et alii*, 2005), edafología y geoquímica (López-Buendía, Bastida, Querol *et alii*, 1999b; Knicker, Hatcher, González-Vila, 2002; López-Buendía, Whateley, Bastida *et alii*, 2007), ecología y paleoecología (Collado, Robles, 1983; Usera, Robles, Martínez-López *et alii*, 1990; Abad, 1993; Usera, Alberola, García-Forner *et alii*, 1996; Guillem, Usera, 1999; Molina, Casermeiro, Pertíñez *et alii*, 2000; Usera, Blázquez, Guillem *et alii*, 2002), palinología (Menéndez, Florschütz, 1961 a, b; Dupré, Pérez-Obiol, Roure, 1994), hidrogeología (Aragonés, Pulido, Sanz, 1976; Sanfeliu, Belart, Martín, 1989; Giménez, Fidelibus, Morell, 1995; Morell, Hernández, 2001) o la antropización y desecación del marjal (Mateu, 1977), entre otros muchos.

Por otro lado, el área arqueológica de Torre de la Sal ha sido también objeto de numerosas investigaciones, incluyendo la parte submarina adyacente a línea de costa, frente a la Torre (Esteve, 1975; Wagner, 1978; Fernández-Izquierdo, 1980, 1988 y 1990) y los afloramientos de calcarenitas próximos (Guillem, Martínez, Pérez-Jordà *et alii*, 2005). También puede ser relevante, por su localización junto a unas minas de hierro, el yacimiento fenicio del Tossal del Mortorum (Aguilella, 2002-2003b; Aguilella, Miralles, Arquer, 2004-2005), situado a cinco kilómetros tierra adentro y que podría asociarse a las escorias de reducción de Torre de la Sal (Adelantado, 2004-2005).

Durante el transcurso del año 2008 y coordinados con las excavaciones arqueológicas más recientes, se han realizado estudios geomorfológicos y sedimentológicos. El objetivo de estos trabajos es caracterizar los ambientes que constituyen el soporte físico de los yacimientos del área de Torre la Sal e identificar los cambios ambientales que pudieran tener influencia en su entorno.

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada se ha basado en la integración de técnicas geomorfológicas, sedimentológicas y cartográficas junto con datos paleoambientales arqueológicos, históricos y geográficos. El estudio geomorfológico consiste en la identificación de unidades, formas y procesos geomorfológicos funcionales y sus posibles cambios, para lo cual se recurre al reconocimiento de campo y a la interpretación de cartografía histórica y series de fotografías aéreas de diferentes años y a diferentes escalas. El microrelieve y los rasgos morfométricos (perfiles, pendientes, vaguadas, depresiones) se identifican utilizando planos a escala 1:1000 y 1:10.000. Durante los trabajos de campo se reconocieron los ambientes fluviales de los abanicos aluviales y cauces, ambientes palustres del humedal y ambientes costeros a lo largo del tramo de costa con influencia en el entorno de Torre la Sal. Por otro lado, se realizaron siete sondeos manuales (sonda Eijkelkamp) de entre 1,50 y 3,75 metros de profundidad en el humedal del Prat de Cabanes. Se describieron en campo la estratigrafía y rasgos sedimentológicos, recogiendo muestras de sedimento, 29 de las cuales han sido analizadas en el Laboratorio de Geomorfología del Departamento de Geografía de la Universidad de Valencia. Estos análisis consisten en determinar la textura, color (Munsell), contenido en materia orgánica y carbonatos. Los datos granulométricos se trataron con el programa GRADISTAT (Blott, Pye, 2001) adaptado, que permite obtener una serie de parámetros estadísticos (tamaño

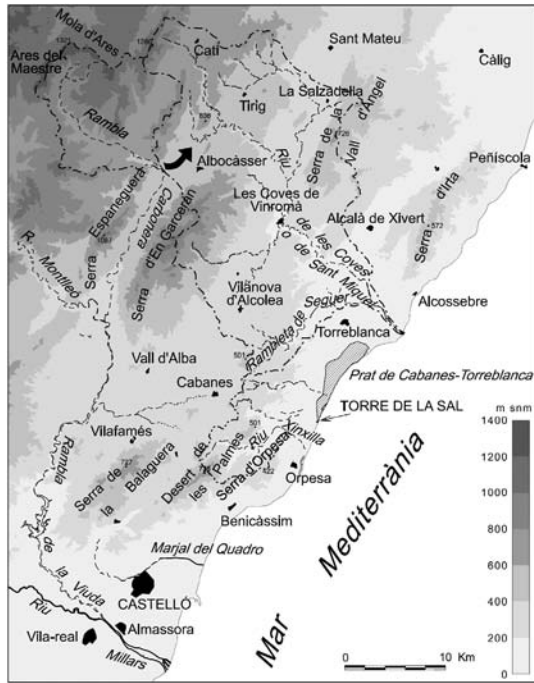


Figura 1. Mapa de situación del área de estudio. La llanura aluvial costera entre Torreblanca y Oropesa. Cuencas fluviales de los ríos Sant Miquel y Chinchilla.

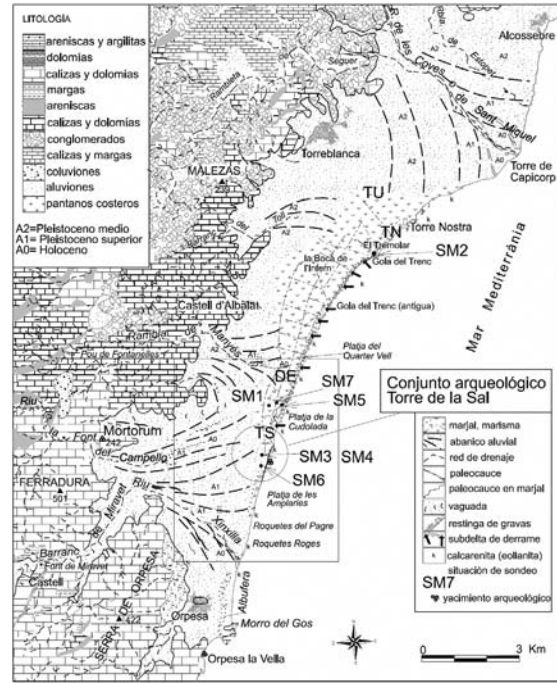


Figura 2. Esquema geomorfológico general y marco litológico. Se han ubicado sondeos citados en el texto, yacimientos arqueológicos de interés, poblaciones y elementos territoriales.

medio de grano, clasificación, asimetría y kurtosis) y gráficos útiles para caracterizar los ambientes sedimentarios. Cinco muestras de turbas y conchas han sido enviadas para la determinación de su edad absoluta mediante el método de  $^{14}\text{C}$  al Laboratorio Beta Analytic (Florida USA). Finalmente, se han utilizado datos y cartografía históricos en la reconstrucción de los cambios geomorfológicos más recientes. Toda la información espacial georeferenciada en un CAD vectorial (Microstation V8) se ha utilizado para el trazado preciso de la cartografía geomorfológica y de los cambios históricos.

## EL MARCO GEOGRÁFICO

El conjunto arqueológico del entorno de Torre la Sal se ubica en la llanura costera entre Oropesa, Prat de Cabanes y Torreblanca, enmarcada por los relieves montañosos de las sierras de Oropesa (420 metros) y Desert de les Palmes (736 metros) por el sur y la sierra de l'irta (573 metros) por el norte (Fig. 1). La montaña de La Ferradura (504 metros) y diversas elevaciones de entre 200 y 500 metros la separan del corredor de Cabanes-Sant Mateu por el oeste. Dichos relieves conforman las cuencas de drenaje que vierten a través de diversos barrancos al humedal y determinan la alimentación de aguas subterráneas hacia el acuífero costero. La franja costera entre Oropesa y Torreblanca está conformada por una sucesión de abanicos y rampas aluviales coalescentes entre las que se intercalan sistemas de restinga-albufera (barrera-laguna). En los sectores montañosos que cierran la costa por el norte y por el sur se disponen salientes rocosos de morfología tombólica como por ejemplo los de Peñíscola y Oropesa (Fig. 2).

Las campañas de excavaciones arqueológicas realizadas en un radio de un kilómetro aproximadamente de la Torre de la Sal han proporcionado registros culturales de épocas neolítica, bronce, hierro, ibérica, romana e islámica que se disponen sobre la superficie distal de los abanicos aluviales del río de La Font del Campello y el barranco de Miravet-Río Chinchilla y sobre los afloramientos de calcoarenita de la línea de costa próxima. Los procesos de erosión litoral han sido muy activos a escala histórica y el yacimiento situado junto a la Torre de la Sal, en la línea de costa, está siendo erosionado por el mar en las últimas décadas.

La zona de estudio se encuentra dentro del área climática de las comarcas septentrionales valencianas (Quereda, 1994). Las precipitaciones medias anuales superan los 500 milímetros, aumentando por efecto de las barreras montañosas próximas a la costa como el Desert de les Palmes y la sierra de Oropesa en las fosas prelitorales (641 milímetros en la Pobla Tornesa, 577 milímetros en Sant Jordi, 760 milímetros en Sant Mateu). Las temperaturas medias anuales en Castellón superan los 17°C y una marcada influencia mediterránea modera la oscilación térmica anual entre 6,40°C (media de las mínimas de enero) y 28,90°C (media de las máximas de agosto muy influida por el régimen de brisas). El régimen de precipitaciones se caracteriza por un destacado máximo otoñal, la remarcada sequía estival y el máximo secundario primaveral. La elevada insolación (2700-3000 horas anuales) y la marcada irregularidad pluviométrica caracterizan la climatología de este sector (Quereda, 1994). Destaca la frecuencia de sucesos de precipitación torrenciales (> 100 milímetros/24 horas en períodos de cinco años) que originan episodios de inundaciones rápidas en las superficies aluviales. El régimen climático puede calificarse como semiárido mesotérmico con poco o nada de superávit en invierno.

### ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

La franja litoral de Castellón se caracteriza por el escalonamiento hacia el mar de alineaciones montañosas y fosas con orientación noroeste-suroeste. Estos accidentes compartimentan notablemente el relieve y constituyen la llanura costera alargada y estrecha en la que se localiza la zona de estudio. Desde el punto de vista geológico el área se ubica en la zona de enlace entre las Cordilleras Costeras Catalanas y la rama oriental de la Cordillera Ibérica. Desde el punto de vista estructural la llanura se emplaza en el sector de fosas del Maestrazgo, conjunto de depresiones (Fosa de les Coves de Vinromà, el Pla de Cabanes, el Pla de Vilafamés, etc.) delimitadas por fallas de directriz noreste o este-noroeste. Un importante episodio de fracturación de mediados del villafranquiense (límite plioceno-cuaternario) recibe la denominación de *"etapa de fracturación del Maestrazgo"* (Simón, Pérez-Cueva, Calvo, 1983), porque es en este sector donde tiene mayor incidencia (Fig. 3).

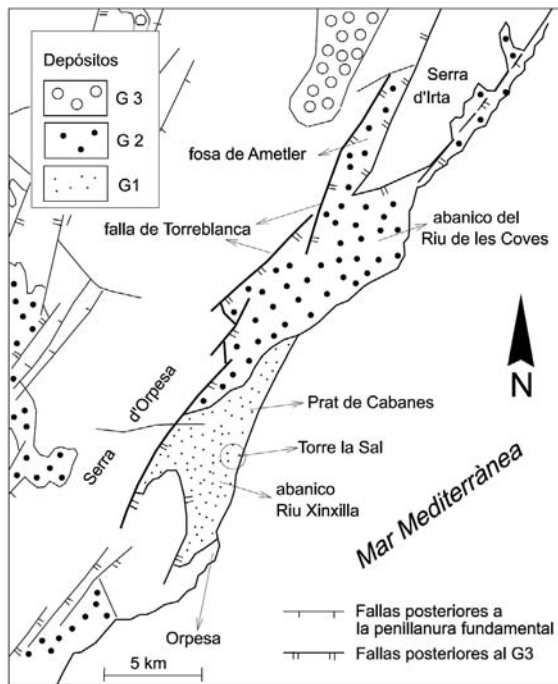


Figura 3. Esquema morfoestructural del entorno del Prat de Cabanes.

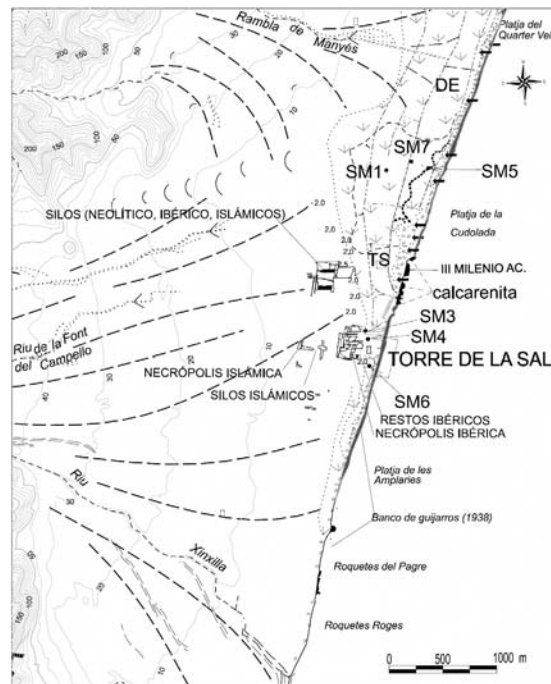


Figura 4. Esquema geomorfológico de detalle del sector de Torre la Sal.

Se reactivan entonces las fallas que conforman el escalón de Torreblanca y la línea de costa entre Oropesa y Peñíscola. Según Pérez-Cueva y Simón (1991) el movimiento de la falla de Torreblanca con un salto de hasta 200 metros, en un período posterior a la elaboración del glacis G3 (villafranquiense), provocó una ruptura en la evolución de la red fluvial. Al pie de las fallas se desarrollan abanicos aluviales cuya superficie enrasa con un nivel de glacis y terraza del pleistoceno medio (G2-T2). El antecesor plioceno del río de Les Coves que discurría hacia la fosa de Alcalá es capturado y a partir de entonces se desarrolla el amplio abanico de Cap i Corp (pleistoceno medio-superior). La importante actividad tectónica en este sector a comienzos del cuaternario se manifiesta en la formación de la fosa del Ametler (continuación de la falla de Torreblanca) y la formación de valles decapitados en su margen occidental que antes tenían su cabecera en la sierra de Irta (Salvador Martín, Simón, 1990).

El conjunto de la llanura costera abarca un tramo de costa de más de 20 kilómetros entre Oropesa y Alcossebre y tiene una anchura variable entre 1,50 kilómetros y algo más de 3,50 kilómetros (Fig. 2). Abarca los humedales del Prat de Cabanes, marjales costeras con sectores permanentemente inundados, prácticamente llanos y bordeados por glacis y abanicos de 1-3 por ciento de pendiente media. La parte distal de estos abanicos alcanza prácticamente la línea de costa en algunos sectores próximos a la Torre de la Sal, cerca del contacto con los humedales, la restinga y los afloramientos de calcarenitas costeros. La mayor parte de los barrancos y cauces del área desaparecen sobre la superficie de los abanicos o alcanzan el humedal costero y pueden aportar sedimentos durante sus crecidas; sólo el río de Les Coves y el río Chinchilla llegan a desembocar al mar. Entre éstos se encuentran el barranco de La Font del Campello, el barranco de La Caldera y de Els Perxets, la rambla de Manyès, el barranco de La Rabossa y el barranco de El Toll.

#### ABANICOS ALUVIALES Y GLACIS

La llanura aluvial en torno a la Ribera de Cabanes está conformada por sedimentos terrígenos aportados por diferentes barrancos y cauces durante el cuaternario, remodelados a veces en forma de glacis. Dichos cauces han depositado abanicos aluviales compuestos por paquetes de gravas intercalados con sedimentos finos (arenas, limos y arcillas de tonos rojizos).

#### LOS NIVELES ALUVIALES DE LOS GLACIS Y ABANICOS

En las unidades de glacis y abanicos del área de Oropesa-Torreblanca se pueden diferenciar varios niveles cuaternarios por las características de las facies sedimentarias (paquetes de conglomerados, sedimentos sueltos, color, paleosuelos, presencia de nódulos, costras, etc.) y la posición geomórfica. Simón, Pérez-Cueva y Calvo (1983) distinguen un nivel antiguo (G3-T3) que puede corresponder al plioceno superior-inicio del pleistoceno inferior y que estaría compuesto por conglomerados que pueden verse en los cortes de la cabecera de los barrancos. Más abajo se encontraría el nivel de abanico (G2-T2), al pie de las fallas (escalón de Torreblanca) y un último nivel generalizado de glacis y terrazas (G1-T1), de final del pleistoceno (podría atribuirse al würm), encajado en el anterior (Fig. 3). Las acumulaciones holocenas se disponen en forma de derrames laterales en algunos tramos del río Chinchilla y sobre todo en el área de desaparición de los cauces sobre la superficie aluvial (Fig. 2).

#### LA MORFOLOGÍA Y LOS PROCESOS

El principal curso fluvial del entorno del Prat de Cabanes es el río de Les Coves o de Sant Miquel (su cuenca abarca unos 500 kilómetros cuadrados) que forma un amplio abanico y una remarcada prominencia costera (Cap i Corp). La pendiente media del edificio aluvial es ligeramente superior al 1 por ciento (entre 40-0 metros de altitud) y el cauce se encuentra encajado en el abanico pleistoceno lo que hace que sus aportes, que incluyen abundantes gravas gruesas, vayan a parar al mar (Lám. I, 1). En la cartografía histórica se detectan migraciones laterales en la desembocadura producidas durante crecidas históricas (por ejemplo el límite de término municipal desplazado del orden de un kilómetro hacia el sur o una pequeña laguna situada al norte del cauce actual). El resto

de cauces son de mucha menor entidad. De norte a sur se encuentran el Barranc de El Toll, la rambla de Manyès, el río de La Font del Campello y el barranco de Miravet-río Chinchilla. El cauce del Barranc del Toll desaparece entre 12-14 metros de altura sobre una superficie aluvial al sur de Torreblanca con pendientes en torno al 2 por ciento entre 30-10 metros. Aguas abajo, sobre la zona distal, la pendiente hacia el marjal disminuye a 1,12 por ciento.

Hacia el norte del sector arqueológico de Torre de la Sal, la rambla de Manyès forma un amplio cono que desciende hacia el marjal con una pendiente de 2,66 por ciento (entre 50-10 metros). Entre las cotas 10-4 metros (pendiente de 1,71 por ciento) el cauce desaparecía en una zona de derrames de grava gruesa que se extienden sobre los campos cercanos a la Torre de Manyès. En la fotografía aérea de 1956 se observan claramente estos derrames de grava en los que posteriormente se ha encajado (o se ha excavado) el cauce en la parte distal del abanico. Aguas abajo, la parte distal forma una prominencia convexa en el marjal que alcanza casi la línea de costa entre las cotas 3-2 metros. Es importante destacar que esta prominencia aluvial o cono deltaico fragmenta el humedal en dos ambientes claramente diferenciados, el sector septentrional del Prat de Cabanes y el sector meridional próximo a Torre de la Sal (tramo de costa de unos 2855 metros hasta la torre) (Fig. 4).

El abanico del río de La Font del Campello tiene su ápice hacia 80 metros sobre el nivel del mar y su cauce desaparece hacia 20 metros de altitud a unos 1500 metros al oeste de la zona arqueológica de la Torre de la Sal. Se pueden apreciar los derrames de sedimento de la parte terminal del barranco en la fotografía aérea de 1956. Las arroyadas difusas procedentes de este barranco pueden alcanzar el área del yacimiento. La pendiente media del abanico supera el 2 por ciento (60 metros de bajada en una distancia de 2800 metros), disminuyendo ligeramente hacia la parte media-distal (1,68 por ciento). El barranco de Miravet-río Chinchilla se solapa en parte con el abanico de La Font del Campello, encajándose su cauce al sur de éste y llegando a la misma costa. Su desembocadura limita al sur con la albufera de Oropesa. La pendiente media de la superficie aluvial ronda el 1,35 por ciento entre los 50 metros y el mar, disminuyendo ligeramente en su parte distal. En la parte distal costera de este edificio aluvial pleistoceno se localiza el conjunto arqueológico de la Torre de la Sal.

## LA BARRERA O RESTINGA DE CANTOS

La restinga de cantos se extiende entre los abanicos aluviales del río de Les Coves (Punta de Cap i Corp) y el abanico del río Chinchilla a lo largo de ocho kilómetros. Intercalados entre el cordón de cantos y las facies distales de los abanicos pleistocenos aparecen diversos afloramientos rocosos de arenisca (eolianitas) discontinuos (Fig. 5). Se localizan principalmente al sur del Quarter Vell, en la Torre de la Sal y en la desembocadura del río Chinchilla. En la restinga se puede distinguir un tramo septentrional de cantos (hasta el norte del Quarter Vell), un tramo central arenoso y un tramo meridional (hasta la Torre de la Sal) de cantos, pero con una pequeña acera arenosa en la base de la cresta y abundantes afloramientos de eolianita. El tramo central arenoso podría explicarse por la refracción del oleaje en el centro de la bahía (Rosselló, 1994).

La restinga de cantos de la Albufera de Torreblanca muestra una peculiar morfología en cresta (*ridge*) (Lám. I, 2) de hasta tres metros de altura y escasa anchura, (8,50 a 95 metros), predominio del transporte transversal y formas erosivas tipo berma. En algunos tramos se encuentra turba en el estrán sumergido y subdeltas de derrame (*washover fans*) debido a la migración del cordón de cantos y la erosión de la costa (Sanjaume, Gusi, Pardo, 1991; Segura, Sanjaume, Pardo, 1990).

La propensión al desarrollo vertical del cordón es característica de las restingas de cantos, al contrario de las arenosas. El tramo de costa en torno a la Torre de la Sal está señalado como "*Playa de gravas peligrosa para varar*" en la carta náutica de 1886. La pendiente de la playa sumergida en la zona de Torre de la Sal es de unos diez metros por kilómetro y disminuye hasta seis metros por kilómetro en la zona de Torrenostra. El cuartel de carabineros construido en 1920 está siendo abatido por las olas, mientras en el sector septentrional aparece turba sumergida en el estrán. El retroceso de la línea de costa se produce durante temporales de gran energía que depositan sedimentos en la parte trasera del cordón litoral (la orilla de la albufera) con una morfología característica de conos lobulados de dimensiones reducidas (subdeltas de derrame o *washover fans*).

Comparando fotografías aéreas desde el año 1956 (Fig. 6), se constata la magnitud del retroceso de la costa que oscila entre 20 a 60 metros según los sectores para un periodo de 48 años. El retroceso se produce en unos casos por erosión de la banda más externa, lo que provoca un estrechamiento de la barrera costera. En otros tramos se produce una completa traslación del cordón de cantos, sin pérdida de anchura, hacia el continente mediante numerosas tongadas de grava (*washover fans*). Estos materiales son lanzados por el oleaje durante los temporales de levante sobre el humedal, por encima de la barrera desde la primera línea de playa. Como consecuencia, las arcillas orgánicas del humedal quedan expuestas localmente en la base del cordón de gravas. En el sector del entorno del yacimiento de Torre la Sal se ha erosionado en 48 años una banda entre 20-40 metros, a la vez que hacia el sur se ha ido colmatando un pequeño humedal que se encontraba en el año 1956 tras la barrera de cantos. Cabe señalar que el sector inmediatamente al norte de Torre de la Sal se encuentra protegido por grandes afloramientos de calcarenitas (Lám. II, 1, 2) sobre las que se encuentran estructuras negativas de un conjunto de silos datados por  $^{14}\text{C}$  en 2910-2860 BC (Guillem, Martínez, Pérez-Jordà *et alii*, 2005). Este tramo de calcarenitas ha sido aprovechado históricamente para abrir las golgas de drenaje de esta parte del humedal (Fig. 7).

### ALBUFERA-HUMEDALES

La albufera de Torreblanca (Lám. III, 1) tiene una extensión aproximada de 8 kilómetros cuadrados y se sitúa sobre la acera aluvial cuaternaria de la fosa Oropesa-Torreblanca (Segura, 1990). Se caracteriza por las surgencias de agua dulce (Ullals de Boca d'Infern) y la presencia de un yacimiento de turba. Escolano (1611) lo menciona como "el estanque que llaman de Albalate, que tiene una garganta y desaguadero por donde purga cuando abunda de humor, y se hincha de las aguas marinas, cuando necesita dellas" (cita tomada de Mateu, 1977). Este autor destaca el papel humano como agente geomórfico decisivo en la transformación de las condiciones ecológicas del Prat d'Albalat dels Ànecs, conocido también como Estany d'Albalat i Miravet o Prat de Cabanes.

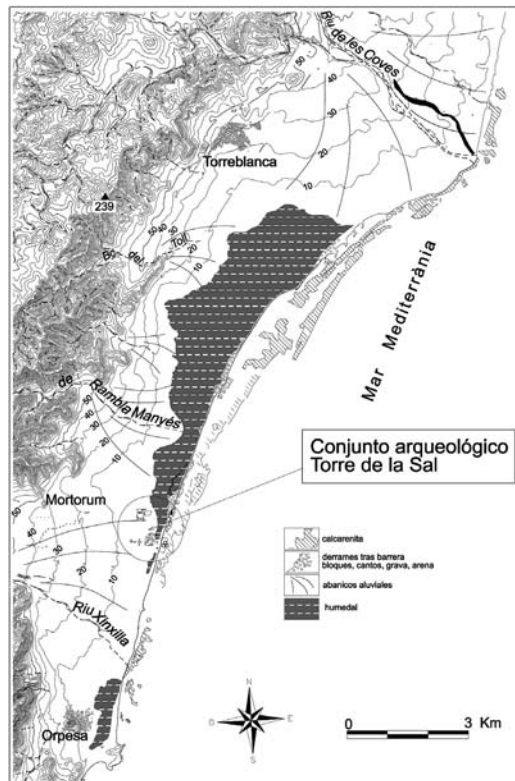


Figura 5. Afloramientos de calcarenita sumergida y relación con las unidades continentales entre el río de Les Coves y Oropesa.

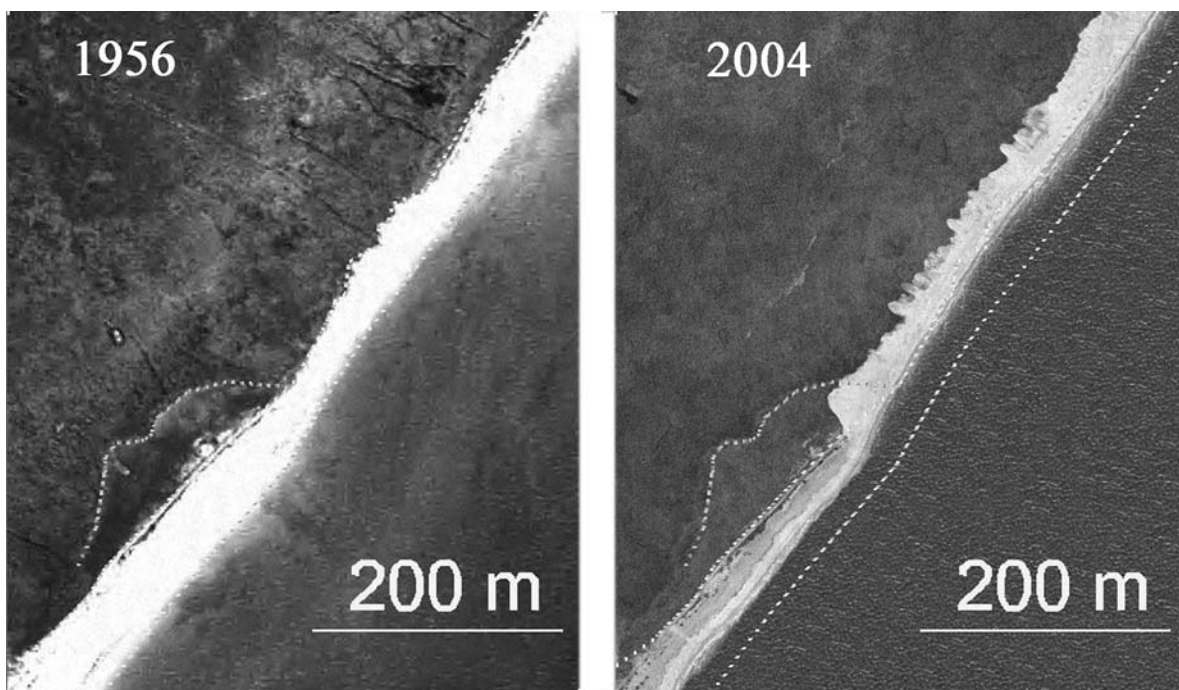


Figura 6. Erosión costera entre 1956 y 2004 por comparación de fotografías aéreas. Ejemplo entre el Quarter Vell y la Gola del Trenc.

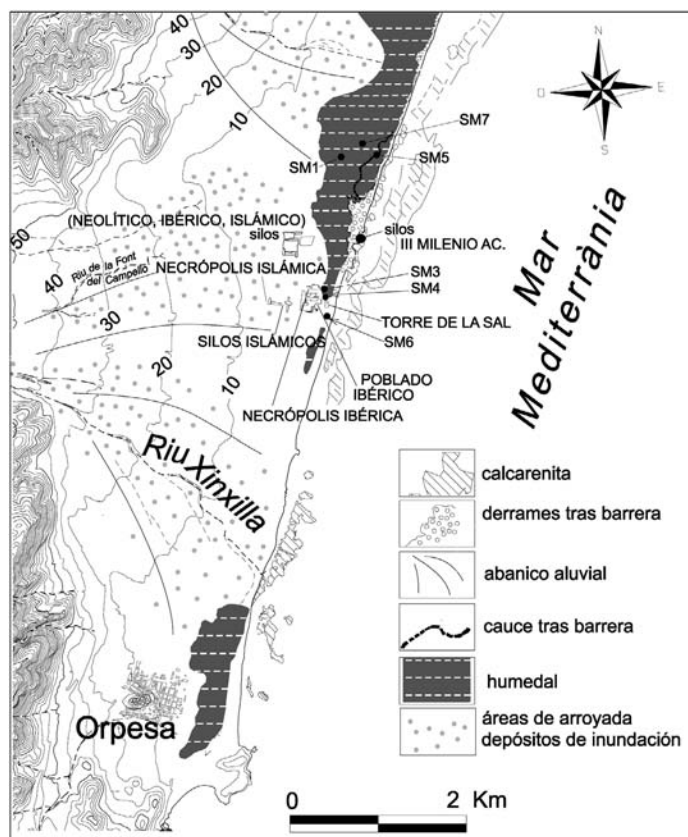


Figura 7. Detalle de las morfologías costeras (derrames de grava y calcarenitas sumergidas) en el entorno de la Torre de la Sal.

La bonificación de la marjal, desde al menos el siglo XVII, se registra en tres bandas paralelas de parcelarios alargados separados por zanjas. La denominada tierra adentro “*la solada*” drenada por azarbes y dedicada a arbolado o cereales, las “*marjals fangueres*” con acequias transversales con parcelas sobreelevadas dedicadas a hortalizas y la franja interior o “*prat*”, que solo servía para arrozal (Mateu, 1977). López-Buendía, Whateley, Bastida, Urquiola (2007) plantean un modelo de formación de materia mineral en una marjal turbosa que incluye aportes continentales de aguas superficiales y subterráneas e intrusión marina hacia el marjal a través de la barrera costera. Las marjales turbosas son sistemas acumulativos con fuentes de agua mixtas o mezcladas y altas concentraciones de minerales autigénicos.

En el sector septentrional se encuentran las turberas de Torreblanca, explotadas como combustible y como fertilizante. Estas turberas se originan en pantanos continentales-marinos en ambientes con abundante vegetación palustre. Los humedales litorales del Prat de Cabanes se caracterizan por ciclos de redox (reducción-oxidación) debido a las fluctuaciones del nivel de las aguas (Abad, 1993). Su elevada productividad vegetal hace que año tras año, especies vegetales de temporada crezcan donde estaban las viejas, pasando éstas a configurar una red filamentosa compleja que acaba sedimentando debajo del agua y conformando el terreno turboso que los caracteriza (Molina, Casermeiro, Pertíñez *et alii*, 2000). Presentan índices de salinidad muy variables provocados por la afluencia de intrusiones marinas en temporales o por fluctuaciones del nivel freático (Morell, Hernández, 2001).

El humedal queda subdividido en dos sectores por el abanico de la rambla de Manyès. En el sector meridional, cercano a Torre de la Sal, se observa un paleocanal de drenaje meandrizante, en la actualidad prácticamente colmatado, que probablemente evacuaba el exceso de agua hacia alguna de las golas excavadas en la calcarenita y que ahora se encuentra recubierta por un extenso subdelta de derrame de grava (Fig. 7).

## REGISTROS SEDIMENTARIOS

### SONDEOS MANUALES

El estudio del registro sedimentario se ha centrado en dos ambientes, la subcuenca meridional del humedal próximo al yacimiento al sur del abanico de Manyès (sondeos SM1, SM5 y SM7) y la zona tras barrera cercana al registro arqueológico en los yacimientos de Torre de la Sal (sondeos SM3, SM4 y SM6) (ver situación en las figuras 2, 4 y 7). Además, se realizó un sondeo cerca de la Gola del Trenc (sondeo SM2). Se escogieron 26 muestras de sedimento de los sondeos con registros más relevantes. En todas ellas se realizaron análisis granulométricos (escala phi), determinación del color (tabla Munsell), contenido de materia orgánica y carbonatos en el *Laboratori del Departament de Geografia de la Universitat de València*. En las figuras 8 y 9 se representan las columnas sedimentarias y en el directorio tablas del CD adjunto los resultados de los análisis de las muestras. Se utilizó el software Gradistat (Blott, Pye, 2001) para el cálculo de medidas estadísticas (tamaño medio, clasificación, kurtosis y asimetría) y gráficas a partir de los datos granulométricos (directorio tablas del CD adjunto). Material complementario, curvas acumulativas y diagramas triangulares de representación textural se incluyen en el directorio dos del CD adjunto. Finalmente se han realizado cinco dataciones absolutas de sedimentos orgánicos por el método de  $^{14}\text{C}$  en el sondeo SM7 (Fig. 10).

### LA SEDIMENTACIÓN EN EL SECTOR CONTIGUO A LA TORRE DE LA SAL

El yacimiento contiguo a la torre está en primera línea de costa y en la actualidad está siendo erosionado por el oleaje (Lám. III, 6; esquema geomorfológico de la Fig. 7). Al norte y sur de la torre, por detrás de la barrera de cantos, aparecen ambientes deprimidos en los que se realizaron tres sondeos de entre 1,50 y 2,50 metros de profundidad. El sondeo SM4 se realizó a escasos metros de la Torre hacia el norte, en un sector donde aparecen algunos muros (del yacimiento) anegados en ambiente de humedal. El sondeo SM3 se realizó al este de la necrópolis ibérica y el sondeo SM6 al sur del yacimiento. Las columnas estratigráficas (Fig. 8) muestran secuencias de arcillas, limos y

arenas de color marrón claro y grises (ambientes pantanosos con *Hydrobiidae*) con moteados ocres, precipitados y nódulos de carbonato hacia los 70-100 centímetros de profundidad. Estos rasgos pueden reflejar fluctuaciones del nivel de agua y anegamientos que se producirían en los ambientes más deprimidos del abanico detrás de la barrera litoral. El techo de la secuencia se compone de niveles de arroyadas arenosas y limosas, con gravas en los sondeos SM4 y SM6 que pueden corresponder a aportes de subdeltas de derrame durante temporales. En SM3 se alcanza el sustrato del abanico hacia 2,50 metros de profundidad.

El nivel pantanoso con subdeltas de derrame a techo que aparece en los dos sondeos realizados al norte del yacimiento en el extremo meridional del humedal (SM3 y SM4) refleja primero el proceso de anegamiento del abanico relacionado con la aproximación de la línea de costa y después la erosión marina que puede correlacionarse con la fase más reciente del registro arqueológico.

### LA SEDIMENTACIÓN EN EL HUMEDAL PRÓXIMO AL YACIMIENTO: EL SECTOR MERIDIONAL DEL PRAT DE CABANES

Se realizaron tres sondeos (SM1, SM7 y SM5) a lo largo de un transecto entre 140 y 480 metros de distancia de la playa de la Cudolada (Figs. 8, 9). El más cercano a la costa (SM5), realizado sobre un paleocauce meandrizante situado en el marjal, mostró un relleno de tres metros con turbas fibrosas y limos orgánicos con gasterópodos. Como referencia, también se realizó un sondeo (*gouge auger*) de tres metros de profundidad cerca de la Gola del Trenc (Tremolar), al sur de Torrenostra (sondeo SM2, Fig. 8). Este sondeo al igual que el SM5 muestra gran cantidad de restos vegetales y niveles turbosos. Entre los diferentes niveles turbosos con plantas acuáticas, gasterópodos y restos vegetales se intercalan entre 1-1,20 metros y entre 1,90-2 metros de profundidad sendas capas de arena fina.

No obstante, los sondeos que presentaron mayor interés por su variedad sedimentológica y por haber alcanzado el nivel basal pleistoceno fueron los sondeos SM1 y SM7 (Fig. 9). En el sondeo SM1 se alcanza un nivel compacto y noduloso en la base (nivel pleistoceno del abanico) hacia los tres metros de profundidad. Por encima, entre 3 y 1,50 metros predominan facies de arcillas moteadas (gris claro amarillento) con restos vegetales acuáticos y restos de gasterópodos *Hydrobiidae* (*Pseudamnicola* sp.). Hacia 1,50-2,10 metros se extrajeron fangos blandos (textura arcillo limosa) con algún fragmento de *Cerastoderma* y gasterópodos del tipo *Pseudamnicola* sp.

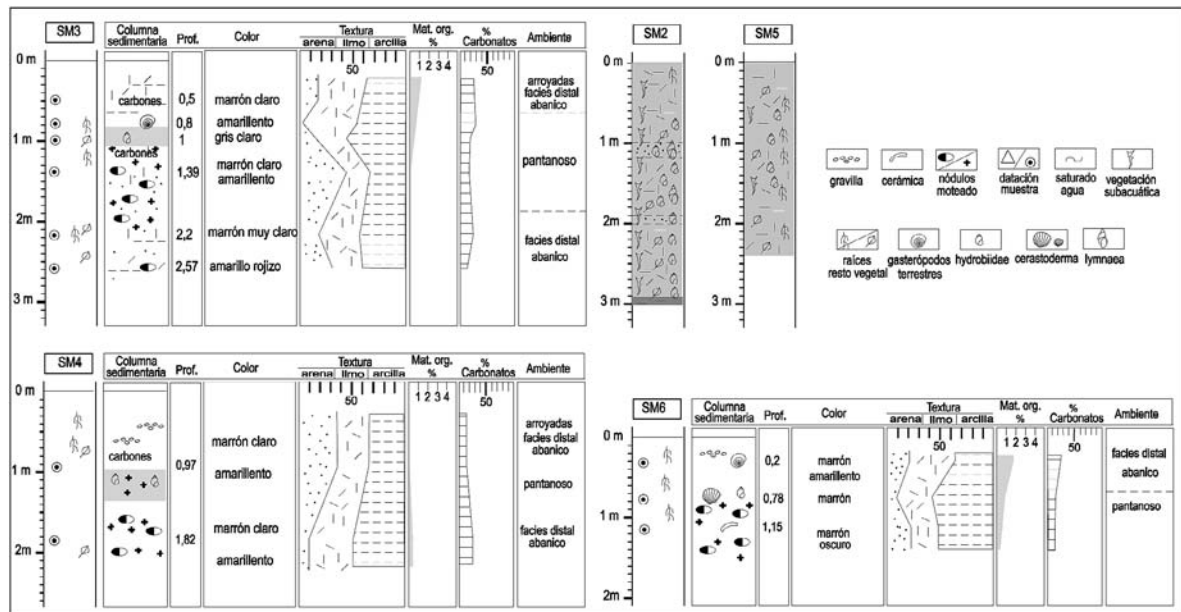


Figura 8. Columnas estratigráficas de los sondeos manuales SM2, SM3, SM4, SM5 y SM6 realizados en el humedal adyacente a Torre de la Sal.

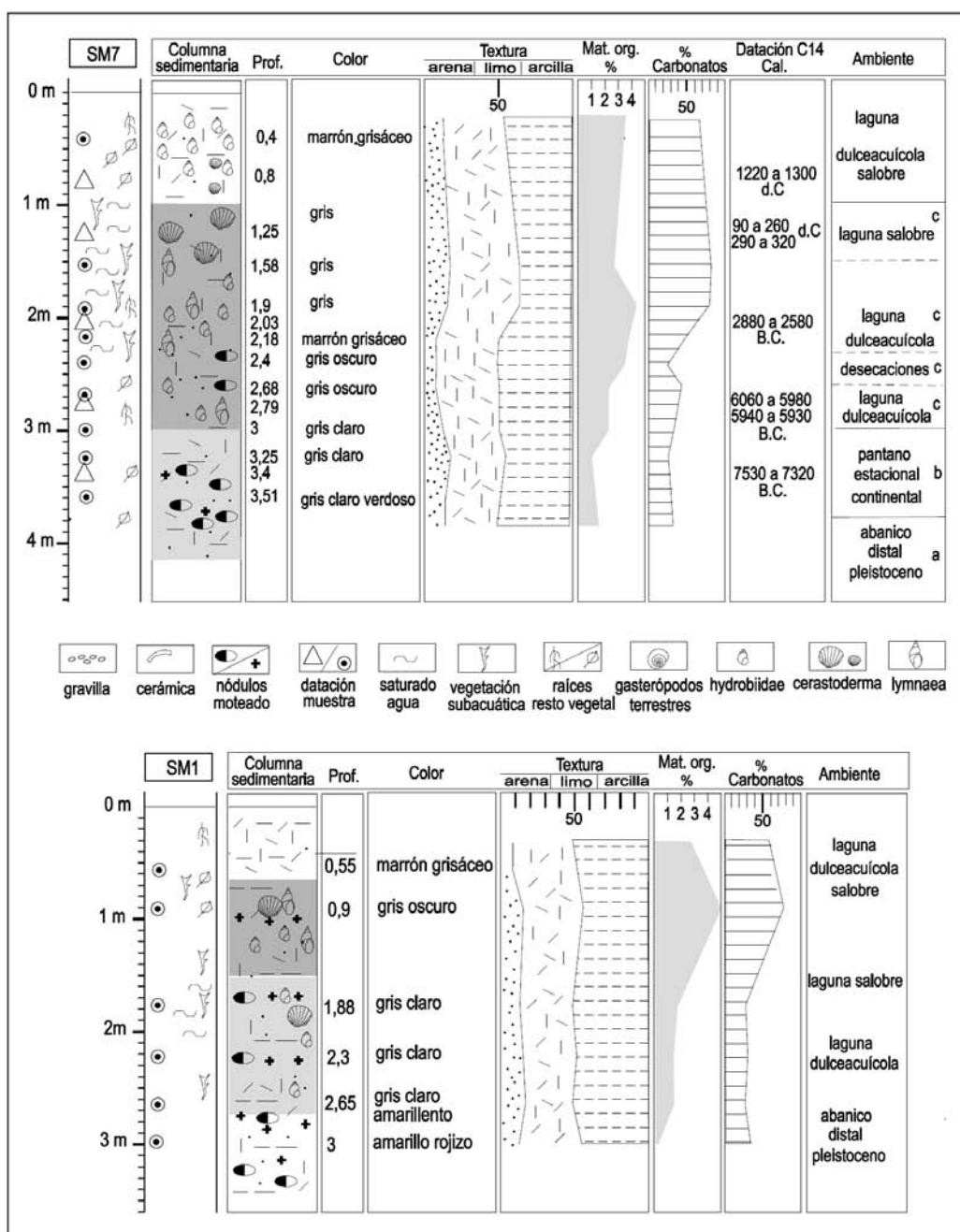


Figura 9. Columnas estratigráficas de los sondes manuales SM1 y SM7.

PROFUNDIDAD	MUESTRA	DATACIÓN BP	CALIBRADA
-0,80	Beta 257011	740 ± 40	1200-1300
-1,25	Beta 257012	1820 ± 40	90-260 / 290-320
-2,03	Beta 257013	4150 ± 40	2880-2580
-2,79	Beta 257014	7140 ± 40	6060-5980 / 5940-5930
-3,40	Beta 257015	8360 ± 50	7530-7320

Figura 10. Dataciones absolutas realizadas en el sondeo SM7.

Hacia el techo de la secuencia, entre 0,70 y 1,50 metros de profundidad, aparecen abundantes gasterópodos *Lymnaea* e *Hydrobiidae* (*Pseudamnicola* sp.) y algunos fragmentos de *Cerastoderma*. En este mismo nivel aumenta el contenido en materia orgánica y carbonatos del sedimento. El techo entre 0 y 0,60 metros es de textura arcillo limosa y de color marrón grisáceo.

El sondeo SM7 muestra una secuencia muy completa con algunas variaciones de la base al techo que pueden estar relacionadas con cambios históricos en las condiciones ambientales en este sector del humedal próximo al conjunto arqueológico. Por este motivo se realizaron en él dataciones de  $^{14}\text{C}$  (Fig. 10) y se caracterizaron los niveles de forma detallada:

**Nivel a:** en la base (4 - 3,75 metros) hay un nivel muy compacto de color gris verdoso y con nódulos de color gris y rosado que identificamos como facies distal del abanico pleistoceno.

**Nivel b:** desde 3,75 a 3 metros se individualiza un nivel de pantano continental estacional. Los sedimentos son de textura arcillo limosa de color gris claro, presentan moteados ocre, nódulos de color gris, restos vegetales y no se detecta la presencia de gasterópodos. Se efectuó una datación de  $^{14}\text{C}$  a 3,40 metros que dio como resultado una fecha  $8360\pm 50$  BP (cal BC 7530 a 7320). Este nivel puede corresponder a humedales continentales sobre la superficie distal de los abanicos en las fases iniciales de la transgresión marina holocena.

**Nivel c:** entre los 3 y 1 metros de profundidad caracterizamos un nivel lagunar con sedimento arcillo limoso, de color gris a gris oscuro en el que se observa un aumento progresivo en el contenido en materia orgánica, carbonatos y gasterópodos. Hacia 2,68-2,40 metros de profundidad cabe resaltar la presencia de nódulos grises que puede corresponder a periodos de desecación o evolución pedogenética. En la parte inferior (3 a 1,50 metros) son frecuentes gasterópodos del tipo *Lymnaea palustris*, *Lymnaea peregra* e *Hydrobiidae* (*Pseudamnicola* sp.). Entre 2,30 y 1 metros de profundidad, el sedimento, saturado en agua, contiene gran cantidad de restos vegetales subacuáticos y, hacia el techo (1,58-1 metros), disminuye sensiblemente la presencia de *Hydrobiidae* y *Lymnaea* y aparecen conchas de *Cerastoderma* (tamaño entre 2-3 centímetros), circunstancia que puede ser indicativa de una progresiva salinización de la laguna.

En este nivel se realizaron tres dataciones de  $^{14}\text{C}$ . La primera realizada a 2,79 metros dio como resultado una fecha  $7140\pm 40$  BP (cal BC 6060 a 5980 y cal BC 5940 a 5930) que se relacionarían con la existencia de una laguna dulceacuícola (*Lymnaea*, *Hydrobiidae* y restos vegetales y raíces). Otra datación se efectuó a 2,03 metros y dio como resultado una fecha  $4150\pm 40$  BP (cal BC 2880 a 2580) que se relacionaría igualmente con la existencia de una laguna dulceacuícola, pero quizás con una columna de agua algo mayor, ya que aumenta la presencia de gasterópodos (*Lymnaea*, *Hydrobiidae*) y presenta abundancia de plantas acuáticas. Cabe destacar que entre estas dos fechas se situaría el nivel de sedimentos con nódulos grises que podría indicar un periodo de desecación. La tercera datación de  $^{14}\text{C}$ , se efectuó a 1,25 metros y dio como resultado una fecha  $1820\pm 40$  BP (cal AD 90 a 260 y cal AD 290 a 320), ambas pues de época romana (siglos I dC hasta inicios del IV dC). Los sedimentos fechados en esta parte superior del nivel corresponden a una laguna marcadamente salobre, tal y como parece indicar la aparición de *Cerastoderma* (2-3 centímetros) por primera vez en la columna y la disminución considerable en el contenido de *Hydrobiidae*.

**Nivel d:** corresponde a un nivel de sedimentos arcillo limosos de color marrón grisáceo carbonatados y con apreciable contenido en materia orgánica que destaca por la cantidad y diversidad de gasterópodos. Aparecen abundantes *Pseudamnicola* sp., junto con *Hydrobia* sp., *Succinea putris*, *Theodoxus fluviatilis*, *Melanopsis dufouri*, *Lymnaea palustris* y también *Cerastoderma glaucum* de tamaños menores que el nivel anterior, en torno a un centímetro) que caracterizan una laguna dulceacuícola/salobre, cenagosa, de aguas estancadas y abundante vegetación. La datación de  $^{14}\text{C}$  realizada en este nivel a 0,80 metros dio una fecha  $740\pm 40$  BP (cal AD 1220 a 1300) y por lo tanto caracterizaría la laguna dulce/salobre de época medieval.

## LA SEDIMENTACIÓN EN EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO

Un dato a destacar es que el río Chinchilla durante el holoceno vierte sus aportes sedimentarios en el extremo meridional del abanico y, por lo tanto, la erosión marina ha ido recortando la convexidad prominente en el sector central y septentrional de la acumulación aluvial donde se encuentra Torre de la Sal. Todas las estructuras negativas (silos y pozos) están excavadas en los niveles del

abanico aluvial pleistoceno del río Chinchilla cuyo cauce en la actualidad está alejado 2700-3000 metros al sur del yacimiento. Tal y como se ha indicado en el estudio geomorfológico, en estos niveles pleistocenos alternan capas extensas de cantos, grava y arena encostrados, capas de arcillas rojas con nódulos y diversas tipologías de costras de carbonato. A techo, cubriendo las estructuras y con importantes alteraciones a causa del cultivo (remociones y penetración de raíces de árboles) la sedimentación holocena es muy escasa, apenas alcanza 0,50 metros de espesor y corresponde siempre a un nivel de limos y arcillas arenosos de color rosado de aspecto masivo depositado por arroyadas difusas. En el poblado ibérico, el nivel de arroyadas que entierra la base de los muros tiene una potencia similar entre 0,50 y 0,10 metros. En ningún sector del área excavada se han detectado sedimentos de carga de lecho que pudieran relacionarse con el cauce del río Chinchilla, ni tampoco se han podido identificar niveles diferentes en el manto de arroyada. No obstante, para caracterizar esta sedimentación se recogieron diversas muestras que corresponden a arroyadas intercaladas en el registro arqueológico del poblado ibérico de Torre la Sal (TS1, TS2 y TS3 PIBE), al relleno de una vaguada con materiales en el sector de la necrópolis islámica (vag-nec-4,03; 4,34; 4,60 y 4,88) y del material que amortizaba una cabaña de la edad del bronce –Costamar 1 a 5–, (Tabla 1 en el CD adjunto). Las muestras tienen en general un tamaño medio de limo medio a grueso, están muy pobremente clasificadas (tal y como corresponde a las arroyadas) y algunas de ellas (Costamar 1 a 4 y TS3PIBE) presentan un alto contenido en materia orgánica que, sin duda, está referida a la antropización.

## MARCO CRONOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO

Diversos investigadores han realizado sondeos que permiten conocer la estratigrafía, variaciones sedimentológicas y paleoecológicas. Las dataciones absolutas realizadas abarcan un periodo cronológico desde el pleistoceno medio, pleistoceno superior y holoceno en el entorno de los humedales de Torreblanca-Oropesa.

En la tabla de la figura 11 se muestra la relación entre la edad en años antes del presente y la profundidad de las diferentes muestras de sedimentos datados en el holoceno. Con el objeto de establecer comparaciones con las investigaciones previas se han incluido en este cuadro las dataciones holocenas de los sondeos TU, DE, TS y TN. La situación aproximada de los sondeos citados puede verse en la figura 2.

Se puede destacar que las dataciones más antiguas (holocenas) realizadas hasta el momento en el humedal corresponden al sector meridional (sondeo SM7) que alcanza una fecha  $8360 \pm 50$  años BP a tan solo 3,40 metros de profundidad y  $7140 \pm 40$  años BP a 2,79 metros de profundidad. Las tasas de acreción a lo largo del holoceno que oscilan entre 0,25 y 0,50 metros/milenio produjeron una progresiva colmatación del humedal que estaría avanzada entre el período romano imperial ( $1820 \pm 40$  años BP a 1,25 metros de profundidad) y el bajomedieval ( $740 \pm 40$  años BP a 0,80 metros de profundidad). Los niveles del bronce se encontrarían desde dos metros de profundidad hacia arriba.

Comparando estos resultados con las dataciones realizadas por otros autores (Fig. 11), puede decirse que el registro del humedal en el sector meridional en el entorno de Torre la Sal es más largo en el tiempo y tiene una secuencia más somera. Esto podría estar reflejando una tasa de subsidencia más alta en el sector septentrional (Torreblanca y Torrenostra) donde el registro de las turberas comienza en una fecha más tardía (fechas superiores a 6200 BP) y a profundidades entre 4,20 y 5 metros. Aquí los niveles de turberas y humedales contemporáneos al neolítico se encontrarían a profundidades cercanas o superiores a los cuatro metros, los niveles contemporáneos al bronce antiguo (hacia 4000 BP) se encuentran a profundidades entre 2,40 y 3,50 metros, las dataciones de turberas entre la época del hierro y la época altomedieval o tardorromana (segundo y tercer milenio antes del presente) se encuentran entre 1,90 y 2,30 metros de profundidad. Asimismo, las tasas de acreción en el sector septentrional son más elevadas y variables (entre 0,20 y 0,83 metros/milenio).

Desde la perspectiva biótica y según los estudios de foraminíferos en los sedimentos del sondeo TU de Torreblanca (Usera, Alberola, García-Forner *et alii*, 1996; Usera, Blázquez, Guillem *et alii*, 2002), el proceso de colonización en el marjal comenzó hace unos 6000 años con especies que vivían en aguas de baja salinidad con importantes fluctuaciones de temperatura a lo largo del

año. La aparición progresiva de nuevas especies sugiere una diversidad ambiental más grande y un incremento de la estabilidad general en la cuenca. Los primeros foraminíferos en el sondeo TU de Torreblanca aparecen 0,50 metros por encima del nivel datado por radiocarbono en 6040 años BP a 4,50 metros de profundidad. Otra datación por radiocarbono da 2600 años BP a 2,50 metros de profundidad y 30 centímetros por encima aparecen las primeras especies calcáreas y se incrementa la diversidad específica en la parte superior de la sección.

Los análisis palinológicos (Dupré, Pérez-Obiol, Roure, 1994) en dichas muestras de sondeo reflejan la vegetación regional con cambios menores a lo largo de las series. Los niveles más bajos son ricos en plantas herbáceas y *Pseudoschizaea*, que desaparece con los primeros niveles pantanosos y la primera aparición de foraminíferos. La presencia de sauces y avellanos indica una mayor disponibilidad hídrica en algunos enclaves. El pino tiene una mayor representación hacia el 6000 BP para luego disminuir hacia el 2600 BP. En este momento se incrementan las formaciones arbustivas con *Pistacia*, *Buxus* y *Olea*. El posterior incremento de la carrasca se interpreta como una recuperación de la cobertura vegetal por el abandono de cultivos entre la época postromana y preislámica. Los niveles superiores indican un incremento de espacios abiertos ocupados por arbustos heliófilos y pastizales xerófitos. La influencia antrópica en la zona parece no haber sido muy fuerte.

PROF.	años BP		referencia
2.1	1120±50	DE-2	Segura <i>et al.</i> , 1994
2.0	1520±60	TS-3	Segura <i>et al.</i> , 1994
1.9	1670±45	TU	Menéndez y Flörschütz 1961
2.2	2480±40	TU-15	Segura <i>et al.</i> , 1994
2.3	2600±60	TU	Dupré <i>et al.</i> , 1994
3.5	4000±60	TS-14	Segura <i>et al.</i> , 1994
2.4	4120±60	TU	Menéndez y Flörschütz, 1961
4.4	5080±150	DE-16	Segura <i>et al.</i> , 1994
4.2	5940±60	TU-34	Segura <i>et al.</i> , 1994
4.5	6040±70	TU	Dupré <i>et al.</i> , 1994
4.9	6210±110	TN-10	Segura <i>et al.</i> , 1994
4.2	6280±85	TU	Menéndez y Flörschütz, 1961

PROF.	años BP	SONDEO	Tasa de acreción m/milenio
0,8	740±40	SM7	0,42
1,25	1820±40	SM7	0,33
2,03	4150±40	SM7	0,25
2,79	7140±40	SM7	0,5
3,4	8360±50	SM7	

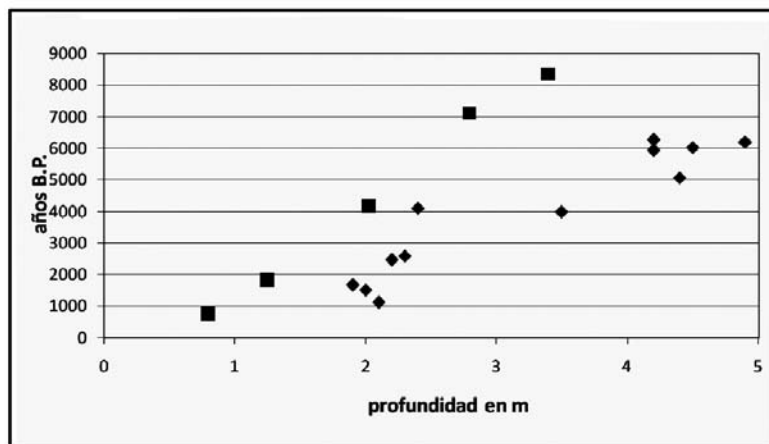


Figura 11. Dataciones absolutas realizadas en el Prat de Cabanes-Torreblanca según diversos autores. Relación entre profundidad de las muestras y la edad absoluta. Los cuadrados rojos representan las dataciones del sondeo SM7 y los rombos azules el resto de dataciones.

## DISCUSIÓN. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y CAMBIOS AMBIENTALES DURANTE EL HOLOCENO

Con el objeto de poner en relación la secuencia cultural de los yacimientos de la Torre de la Sal con la evolución geomórfica y los datos disponibles de cambios ambientales holocenos se ha confeccionado el cuadro de la figura 12. Las variables principales que determinan los cambios ambientales en el entorno son la posición relativa del nivel marino, el efecto de la subsidencia, las fluctuaciones climáticas y los aportes sedimentarios continentales. Estas variables controlan el ritmo de la colmatación de los humedales, la erosión marina, fluctuaciones piezométricas e intrusión salina o los cambios laterales de los subambientes de influencia de agua dulce y salobre. En base a la información disponible se destaca lo siguiente:

### DEL BOREAL AL ÓPTIMO CLIMÁTICO DEL HOLOCENO MEDIO Y SUBBOREAL

#### *ASCENSO MARINO HOLOCENO E INICIO DE LAS FORMACIONES PALUSTRES (MESOLÍTICO, NEOLÍTICO)*

La formación de un ambiente pantanoso continental se detecta en el nivel a 3,40 metros de profundidad del sondeo SM7, datado en  $8360 \pm 50$  BP (cal BC 7530 a 7320). El nivel a 2,79 metros de profundidad del mismo sondeo refleja que puede haberse formado ya una laguna dulceacuícola hacia el  $7140 \pm 40$  BP (cal BC 6060 a 5980 y cal BC 5940 a 5930). Según los datos del estudio arqueológico, la ocupación neolítica (silos) en la parte distal de un edificio aluvial pleistoceno, cerca de la costa y del humedal se produce en torno a inicios del V milenio cal BC y una segunda fase que apunta más bien a un IV milenio aC según cronología relativa (información proporcionada por E. Flors). Estas fechas coinciden con la fase final de ascenso del nivel marino postglaciar durante la cual se inicia la configuración de los ambientes costeros actuales (sistemas de albuferas y lagunas-barrera). En el sector septentrional de los humedales del Prat de Cabanes-Torreblanca la base del registro de turberas en ambientes palustres de agua dulce está datada entre 5980-6280 años BP (a 4,20-5 metros de profundidad) y en el sector meridional del humedal, más cercano a Torre de la Sal, las dataciones más antiguas del holoceno dan fechas más recientes (5080 años BP a 4,40 metros de profundidad en DE).

Puede pensarse que el emplazamiento neolítico inicial con abundantes estructuras de almacenamiento en la superficie distal del abanico se escogió buscando los recursos de un humedal próximo (prados y agua para el ganado, caza, pesca y moluscos). Ahora bien, la ubicación de los silos en el sector distal del abanico pleistoceno a cotas en superficie de 2-3 metros sobre el nivel del mar, muy cercanos al borde del humedal, plantea problemas de interpretación por eventuales subidas del nivel freático, que puede ascender notablemente en años lluviosos como 1989-90 (Morell, Hernández, 2001). Las estructuras neolíticas no son muy profundas, la mayoría entre los 20-60 centímetros de profundidad, aunque algunas tienen más de un metro (información proporcionada por E. Flors). Por otro lado, conviene resaltar que a principios del III milenio aC también se excavaron gran cantidad de silos en la calcarenita al norte de Torre de la Sal (datados por  $^{14}\text{C}$  en 2910-2860 BC (Guillem, Martínez, Pérez-Jordà *et alii*, 2005). Estos silos están siendo batidos por el oleaje en la actualidad. En el sondeo SM7 a 2,03 metros de profundidad hemos comprobado la persistencia de la laguna dulceacuícola en época contemporánea a dichos silos hacia  $4150 \pm 40$  BP (cal BC 2880 a 2580).

Podemos concluir que, aunque el nivel del mar ya había alcanzado un máximo y se había conformado en este sector un ámbito lagunar de agua dulce, los silos excavados en la calcarenita deberían estar en seco con una línea de costa algo alejada de su posición actual todavía en el III milenio aC. Una variable que explicaría la proliferación de silos a salvo de las fluctuaciones del nivel freático puede ser el transcurso neotectónico del entorno. La subsidencia pleistocena continuada durante el holoceno explicaría que la cota absoluta de las superficies distales aluviales y de las calcarenitas costeras (y por lo tanto de la boca de los silos) estuviera hace cinco milenios a una cota absoluta más alta que en la actualidad y que, paulatinamente, se encontraran a una cota más próxima a las fluctuaciones del freático. De la misma manera, la subsidencia o hundimiento de todo

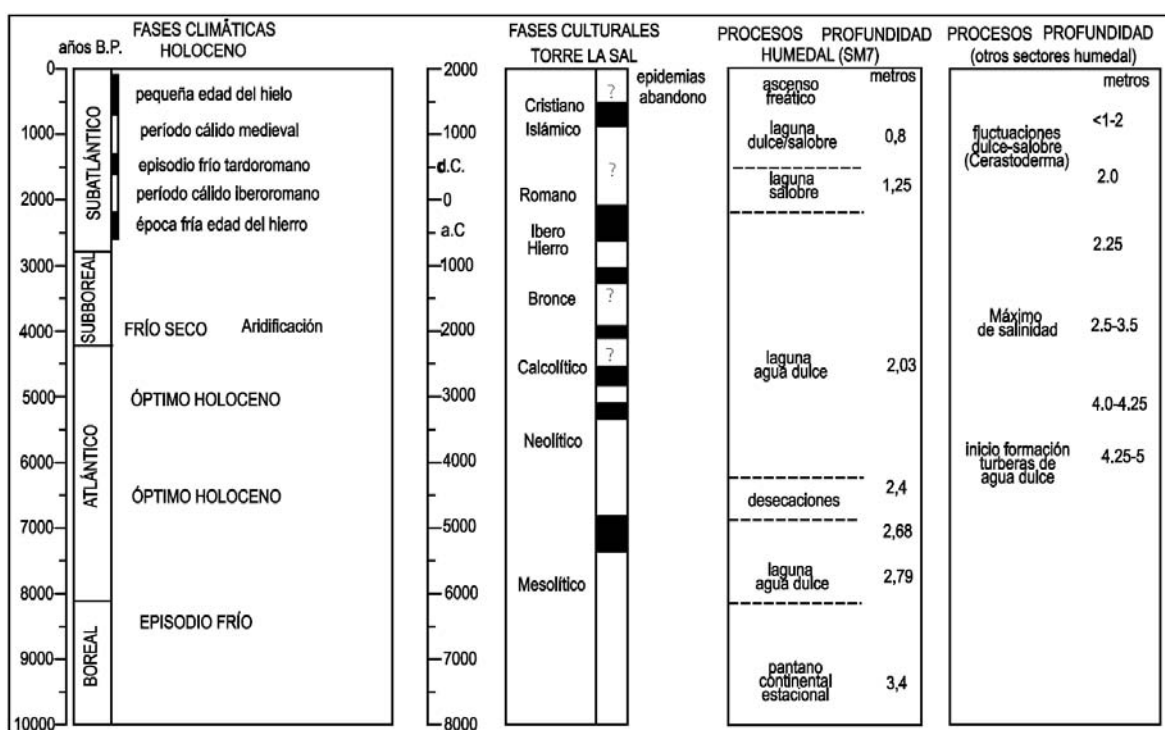


Figura 12. Cuadro diacrónico de cambios ambientales, fases climáticas y culturales. La información del registro cultural de Torre la Sal la ha proporcionado E. Flors (en este volumen).

el sector podría explicar que los niveles palustres mesolíticos y neolíticos se ubiquen a cotas más bajas que las del marjal actual (a una profundidad de 2,79 metros en el sondeo SM7) y todavía más profundas hacia el sector septentrional del humedal, en un contexto donde la subsidencia, al parecer, es mayor.

#### MÁXIMO DE SALINIDAD EN TORNO AL 4.000 BP. LA ARIDIFICACIÓN DEL SUBBOREAL.

Para la fase subboreal contamos en Costamar con varias estructuras entre las que destaca un posible granero y un fondo de cabaña que han sido adscritas al bronce tardío a partir de dos dataciones radiocarbónicas que abarcan un segmento temporal entre el 1386 y 930 cal BC a 2σ. Otras estructuras –sin dataciones absolutas– han sido adscritas culturalmente al bronce final a partir de los materiales cerámicos recuperados (información proporcionada por E. Flors).

Los datos paleoecológicos (Usera, Alberola, García-Forner *et alii*, 1996; Usera, Blázquez, Guillem *et alii*, 2002) constatan un aumento progresivo de la salinidad (niveles datados en 4000 BP a 3,50 metros de profundidad en el sondeo TS y 4120 BP a 2,40 metros en TU). Por otro lado, la correlación de datos geoquímicos de los sedimentos de los marjales de Cabanes-Torreblanca (sondeo KT-3), Moncofa y Benicasim, permite destacar un incremento brusco de salinidad después del 4200-4100 BP, que podría relacionarse con un máximo relativo del nivel marino (López-Buendía, Bastida, Querol *et alii*, 1999b). La aparición de un estrato de arenas a 3,50 metros (4000 BP) en el sondeo TS próximo (Segura, Pardo, Sanjaume, 1997) intercalado en niveles turbosos puede apoyar esta idea. En el sondeo SM7 no se registran arenas marinas en ningún sector de la columna. Estas fechas coinciden desde el punto de vista paleoclimático con el tránsito al período subboreal, cuando se produce una fuerte aridificación. Esta aridificación podría causar un incremento en la salinidad por descenso de los aportes freáticos y cambios en la composición de la cubierta vegetal que a su vez repercutiría en el aporte de sedimento fluvial hacia la costa.

## CAMBIOS DURANTE EL PERÍODO SUBATLÁNTICO

### PALEOGEOGRAFÍA DURANTE LA ÉPOCA FRÍA DE LA EDAD DEL HIERRO Y EL PERÍODO CÁLIDO IBEROROMANO

La ocupación del yacimiento costero de la Torre de la Sal (inicios del siglo VI aC) se relaciona con el asentamiento fenicio de El Mortorum (siglo VII aC) situado a 5 kilómetros hacia el interior (Aguilella, 2002-2003b; Aguilella, Miralles, Arquer, 2004-2005). El asentamiento se mantiene durante todo el período ibérico y la eclosión urbana es de los siglos II y I aC, abandonándose a mediados del I aC (información proporcionada por E. Flors). La edad del hierro coincide con un período denominado “pésimo climático de la edad del hierro” que se relaciona con mayores precipitaciones, ambiente más frío y regularización de laderas en las montañas de la Cordillera Ibérica (Van Geel, Van Der Plicht, Klaver *et alii*, 1998; Gutiérrez, Peña, 1998). Si este episodio climático pudiera haber tenido incidencia en los humedales del Prat de Cabanes es posible que el aumento de las precipitaciones se tradujera en un ascenso de los niveles freáticos y de los aportes de agua dulce. Una referencia cronológica es la datación de turbas a 2,30 metros de profundidad en 2600 BP en el sector septentrional del humedal (TU). Se constata la progresiva colmatación de los humedales, probablemente acompañada de subsidencia, con una paleotopografía que daría cotas 1,90-2,30 metros por debajo de la superficie actual (1,25-2,03 metros en SM7) para el período hierro-ibérico-romano. La posición relativa de los niveles freáticos sería más cercana a la superficie del abanico que durante el período neolítico, pero todavía no habría alcanzado la posición que observamos en la actualidad, ya que algunos de los muros del yacimiento costero junto a la Torre de la Sal están hoy en día completamente anegados. Cabe pues contextualizar la abundancia de silos en época ibérica y la eclosión urbana de los siglos II-I aC en un contexto climático favorable para la ubicación de una ciudad junto a un humedal de agua dulce y con una línea de costa muy cercana, pero algo más alejada que en la actualidad. El retroceso de la línea de costa tendería a ir erosionando las instalaciones portuarias (si las hubiera).

### DE LA ÉPOCA ROMANA IMPERIAL A LA ÉPOCA MEDIEVAL

En los sondeos realizados en el humedal situado al norte del yacimiento (SM1 y SM7) aparecen niveles de fangos lacustres con *Cerastoderma glaucum* en torno a 1,25 metros de profundidad que señalan un ambiente de aguas salobres para la época romana entre los siglos I-IV dC datado en 1830±40 BP (cal AD 90 a 260 y cal AD 290 a 320). Podemos pensar que en estas fechas ya se han producido cambios geomórficos en la costa (retroceso e impacto de temporales) y una mayor influencia marina en el humedal que pudieron haber repercutido en el medio ambiente del yacimiento. La erosión de la costa, los niveles freáticos cada vez más cercanos a la superficie del abanico y la salinización del humedal (¿y del acuífero?) son elementos a tener en cuenta a la hora de valorar el abandono de este espacio. Tras el abandono de la ciudad ibero-romana a lo largo del siglo I aC, parece haber varios siglos hasta el período paleocristiano con escasos restos documentados, mientras que hacia el siglo X se retoma la ocupación del espacio que perdura con fuerza a lo largo del siglo XI. La época islámica (siglos X-XIII) se ubica en el “período cálido medieval”, que podemos asociar a temperaturas más cálidas y menor humedad (¿descenso freático?), favorable a los asentamientos próximos al humedal. El nivel superficial (0-1 metros) del sondeo SM7 corresponde a una laguna con fluctuaciones en la salinidad datada en 740±40 BP (cal AD 1220 a 1300) a 0,80 metros de profundidad.

### ANTROPIZACIÓN Y FLUCTUACIONES CLIMÁTICAS DE LA “PEQUEÑA EDAD DEL HIELO” (ÉPOCA BAJOMEDIEVAL, MODERNA Y CONTEMPORÁNEA)

Con la conquista cristiana se produce un abandono de la ocupación en el entorno de Torre de la Sal (escasas estructuras documentadas), aunque existe un núcleo en el castillo de Albalat. Cabe resaltar el abandono casi completo de los asentamientos de la llanura litoral entre Benicasim

y Torreblanca, incluyendo Albalat y Miravet, entre los siglos XV y XVI a causa de las “calamidades de los tiempos”, fiebres tercianas y ataques berberiscos (Mateu, 1977; Roca, 1988). La incidencia de las epidemias puede relacionarse con los episodios de inundaciones que se repiten a lo largo de la “pequeña edad del hielo” (entre los siglos XIV y XIX). Durante este período se producen diversos ciclos de años lluviosos que seguramente provocan ascensos freáticos y dificultan el drenaje de aguas estancadas en los humedales, circunstancia que favorece las epidemias. Desde el punto de vista sedimentológico, se constata un predominio de niveles turbosos con abundantes fibras vegetales y gasterópodos de agua dulce con escasas cerastodermas de pequeño tamaño en los niveles superiores de los sondeos (SM7). El exceso de agua en diferentes períodos de los siglos XVI-XVII, que se manifiesta en frecuentes inundaciones y en la elevación de niveles freáticos, podría explicar el abandono de numerosos núcleos de población dispersos como los que se registran en amplios sectores inundables de la Ribera del Júcar. Hacia el final del siglo XVIII existen referencias a las transformaciones de la albufera de Oropesa (Giménez, 2005) para evitar los repetidos brotes de paludismo de 1767 (año en que enfermó toda la población salvo una mujer), 1777, 1778 y 1784. Se realizaron entonces intentos de desecación, drenaje y colmatación, así como el desvío del cauce del río Chinchilla. Las referencias documentales constatan altos niveles freáticos y estancamiento de aguas que no consiguen remediar la apertura de zanjas y canales de drenaje. Estas condiciones ambientales no son favorables para el poblamiento en torno a los humedales del Prat de Cabanes de lo que se deduce que las fluctuaciones climáticas y freáticas, tal y como hemos planteado en esta discusión, debieron tener incidencia en la ocupación del entorno de la Torre de la Sal en el pasado.

### *CAMBIOS RECIENTES*

Los diversos intentos de explotación agrícola del Prat de Cabanes (aterramientos, apertura de canales y golgas) acaban fracasando y en las décadas recientes se produce un abandono de cultivos y la recuperación del humedal. Desde 1956 se aprecia además un retroceso de la línea de costa que en algunos tramos llega a ser del orden de 30-60 metros. Los procesos recientes afectan a los acuíferos a causa de la proliferación de regadíos mediante pozos (alteración de niveles freáticos), lo cual puede producir elevaciones locales, que hay que considerar cuando se evalúa la situación de los silos. Se constatan además importantes fluctuaciones freáticas (del orden de varios metros) entre años secos y lluviosos en la zona del abanico sobre el que asientan los yacimientos de Torre de la Sal. Dichas fluctuaciones se relacionan también con desplazamientos en el frente de intrusión marina (cuña salina) y pueden servir de referencia para entender las variables condiciones ambientales en el humedal. La variación de la posición del frente de intrusión, regulada por la alternancia de periodos secos y húmedos, da lugar a cambios en el tipo de facies hidroquímica (Giménez, Fidelibus, Morell, 1995). En general, las aguas subterráneas de la plana Oropesa-Torreblanca no son aptas para el consumo humano, y desde el punto de vista agrícola, su elevado contenido en cloruros en los sectores próximos a la costa, las hace tolerables únicamente para aquellos cultivos muy resistentes a la sal (PGOU de Cabanes, 2008).

### **CONCLUSIONES**

El estudio realizado permite constatar cambios geomorfológicos y ambientales relevantes en el entorno inmediato a la Torre de la Sal durante el transcurso del holoceno. El área de estudio se encuentra en un ámbito transicional muy sensible a cambios ambientales con gran incidencia en la población ya que éstos determinan la mayor o menor extensión de los pantanos, los encharcamientos y, tal y como demuestran los datos históricos, las fiebres palúdicas. La ubicación de los yacimientos plantea problemas de interpretación si no se consideran los cambios producidos en sucesivas fases del holoceno. Cabe considerar el efecto de la subsidencia, la posición de la línea de costa, las fluctuaciones del nivel freático asociadas a diferentes fases climáticas y, finalmente, la progresiva salinización del humedal. El proceso de la subsidencia podría remitirnos a una topografía inicial relativamente más alta respecto al nivel marino en la parte distal del abanico y las eolianitas pleistocenas. Por otro lado, la superficie del humedal durante la fase inicial de colmatación (neolítico) podría estar alrededor de 3-2 metros por debajo de la actual superficie (sin contar compactación).

Esto significa que los silos podrían estar algo por encima de las fluctuaciones del nivel freático en el periodo neolítico.

Los registros sedimentarios y las dataciones disponibles permiten deducir una incidencia notable de la subsidencia a lo largo del holoceno en la dinámica geomórfica litoral que explicaría la tendencia al avance hacia el continente de la barrera litoral y la aparición de los niveles de turba en la línea de costa, por debajo de la barrera. De manera paralela, han ido cambiando la paleotopografía del humedal y los niveles freáticos, cada vez más altos respecto al nivel de los yacimientos. Esta situación podría relacionarse con el despoblamiento producido en determinados períodos lluviosos en la época tardoromana y la época bajomedieval-moderna.

Los registros paleoambientales y sedimentarios indican un aumento progresivo de la influencia marina en los humedales desde el holoceno medio asociada a la subsidencia y al avance hacia el continente de la restinga. Esta influencia puede reflejarse en la sedimentología, incremento de salinidad, asociaciones de moluscos y foraminíferos, etc., cambios que deben relacionarse tanto con variables locales como con procesos globales. Un incremento brusco de paleosalinidad se produjo en el holoceno medio tardío, a partir de 4200-4100 años BP, según datos geoquímicos de los sedimentos de los marjales de Cabanes-Torreblanca (sondeo KT-3), podría estar asociado al máximo marino ligado al óptimo climático del holoceno (López-Buendía, Bastida, Querol *et alii*, 1999b). No obstante, este momento coincide también con un episodio de enfriamiento y aridificación que se inicia hacia 4,20 ka BP con unos 300 años de duración y que marca el comienzo del período subboreal. Según algunos autores (Dalfes, Kukla, Weiss, 1997; Menocal, 2001; Staubwasser, Weiss, 2006) esta aridificación pudo haber llevado al colapso de las civilizaciones de Mesopotamia, Egipto e India a causa de las severas sequías que se registran en el Mediterráneo oriental y Asia occidental.

El progresivo retroceso de la línea de costa y la incidencia de fuertes temporales (niveles de arena en los sondeos próximos) en determinados momentos puede explicar la fase lacustre salobre de época romano imperial (I-IV dC) que podría haber dificultado el abastecimiento de agua potable en el entorno. Otra variable con gran incidencia en los yacimientos son las fluctuaciones freáticas determinadas por los cambios climáticos. Estas fluctuaciones son importantes para la población pues determinan la calidad (salinización) y cantidad de los recursos hídricos y la salubridad de los ambientes pantanosos. La reocupación islámica pudo verse favorecida por el contexto climático del período cálido medieval, mientras durante la “pequeña edad del hielo” la tendencia a la elevación de niveles freáticos pudo influir notablemente en el despoblamiento del área al propiciar las epidemias

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Enric Flors, arqueólogo de la *Fundació Marina d'Or de la Comunitat Valenciana* toda la información arqueológica que tan amablemente nos ha facilitado. También agradecemos al profesor Juan Mateu sus comentarios y aportaciones sobre la incidencia de la “pequeña edad del hielo”. Este trabajo ha sido financiado por la *Fundació* y forma parte de un amplio proyecto de investigaciones interdisciplinares coordinadas por el profesor Ferrán Arasa de la *Universitat de València*. Los análisis sedimentológicos fueron realizados por León Navarro, técnico del *Laboratori de Geomorfologia del Departament de Geografia de la Universitat de València*. El tratamiento estadístico y gráfico de los valores texturales de los sedimentos (adecuación de la aplicación Gradistat) fue realizado por Pablo Pastor.