

GEOARQUEOLOGÍA Y ARQUEOMETRÍA DE LA SAL

C. ALONSO

M. JIMÉNEZ

CAS. Junta de Andalucía

F. CABRERA

CSIC. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla

J. ARIZA

Universidad de Huelva

1.- Introducción.

A lo largo de las últimas décadas la investigación histórico-arqueológica sobre las salazones en época antigua ha evolucionado considerablemente. El análisis de los restos anatómicos de especies piscícolas encontradas en piletas de salazones y ánforas nos permite conocer mejor la base de su elaboración y determinados aspectos relacionados con su producción. En paralelo, el estudio de la epigrafía anfórica y la revisión de las fuentes literarias, están permitiendo adentrarnos en el siempre difícil mundo de su comercialización. Pero, hasta el momento, la sal, sustancia básica empleada en su elaboración, apenas había sido tenida en consideración, siendo, como es, un producto básico para el correcto desarrollo de la actividad celular de humanos y herbívoros desde que, en el neolítico, la dieta alimenticia pasara a ser principalmente cerealística y el ganado se viera privado de libertad por su estabulación para conseguir en libertad la sal necesaria para su correcta alimentación al ser estabulado.

La importancia económica de este producto no ha sido suficientemente valorada. Piénsese por ejemplo la fuerte demanda de sal que generaría el abastecimiento de un ejército si una persona necesita diariamente unos 15 gramos de sal y un rumiante herbívoro (caballos, bueyes, cabras, ovejas, etc.) una cantidad mayor por diferentes vías de aporte. Abastecimiento de sal que no podía depender de la que se encontrara en la zona de conflicto, sino que necesariamente tenían que prever o, al menos, garantizar mediante un suministro seguro por tierra o mar. Una sal necesaria, además de la alimentación, para muchas otras funciones (Véase al respecto: Martínez, e.p.).

En relación con las salazones: ¿qué tipo de sal se empleaba para su elaboración?; ¿dónde se encontraban emplazadas las salinas de donde se extraía?; ¿cuál era la morfología de éstas?; ¿qué técnicas empleaban para su explotación?; ¿de quiénes era su titularidad?

Éstas y otras son preguntas que planteamos en estas páginas y a las que quisimos dar respuesta cuando iniciamos una novedosa línea de investigación encaminada a conocer más acerca de la sal y las salinas gaditanas; unas salinas litorales que, al menos desde final de la Edad Media, se explotaban mediante técnicas de evaporación solar con un sistema de

manejo que, con toda seguridad, difería poco del utilizado en nuestras tradicionales salinas artesanales.

Sin duda se trata de un campo de investigación que entraña dificultad. La escasez y parquedad de las fuentes de información; la falta de una tradición investigadora en este sentido, y la deficiente interpretación de algunos yacimientos que, por su tipología, podrán ponerse en relación con antiguas explotaciones salineras, son algunos de los condicionantes a los que tuvimos que hacer frente durante nuestro estudio.

Si bien en los dos últimos años algunos autores han comenzado a ocuparse de la interpretación y el análisis histórico de la sal y las salinas béticas (García y Martínez, e.p.; Martínez, e.p.; Alonso y Menánteau, e.p.), nuestro proyecto, iniciado años atrás con una clara componente multidisciplinar y una visión geoarqueológica, atiende más a cuestiones tecnológicas como: ¿dónde se localizaban las salinas romanas gaditanas?; ¿cómo era su morfología y forma de trabajo?; ¿qué nivel de desarrollo tecnológico llegaron a alcanzar?.

2.- De la sal y las salinas.

Por los autores clásicos (Plinio el Viejo, *N.H.*, XXXI, 73-83) sabemos que en el mundo romano se conocían tres tipos de sales: la sal gema, la marina y la de lagos y manantiales salobres.

Tanto la explotación de la sal gema por medio de técnicas mineras, como la extracción del cloruro sódico del agua de manantiales o lagunas salobres por procedimientos de concentración y evaporación al fuego están documentadas desde los últimos momentos de la Prehistoria (Alonso y Menánteau, e.p.). Sin embargo, rastrear el origen de las salinas de evaporación solar parece algo más complejo, siendo difícil saber en que momento nace esta técnica extractiva.

Una línea de investigación viene a situar su origen en la zona del próximo oriente hacia el II^o milenio a.C. La aparición en un texto ugarítico (PRU, II, 79, 14) de la expresión "campo de sal" o "campo salado" (*šd mlth*) vendría a apoyar esta idea. Otros autores, apoyándose en supuestos ambientales, consideran como más probable que tuviese su origen en la zona del Mar Muerto, donde la alta salinidad de sus aguas y el elevado índice de evaporación atmosférica, favorecería la extracción salinera. La existencia en época aramea imperial de la expresión *Ksp mlh'*, traducida como "impuesto de la sal" (Manfredi, 1992, 4), parece apuntar tanto el origen de la técnica en esta zona, como la temprana organización de su comercio y del control estatal sobre sus productos.

Si bien carecemos de textos escritos referentes a esta temática para el mundo fenicio, una estela del siglo IV a. C. procedente de la necrópolis de Kitión (Chipre) da a conocer la existencia de un "salinero" en esa comunidad de tradición fenicia en los siguientes términos: *A Esmun-Adon, hijo de Ba'l - a'mas, hijo del salinero* (Teixidor, 1986, 489). Se trata sin duda de las antiguas salinas de Salamina y Kitión, cuya sal, según Plinio el Viejo (*N. H.*, XXXI, 74, 84), llegó a alcanzar gran fama en el mundo antiguo por su excelente calidad.

La sal del lago de Lárnaca se explotaba y comercializaba en época helenística, aunque, según Karageorghis, esta actividad podría remontarse a finales de la Edad del Bronce (Karageorghis, 1973, 261-262).

De todo ello podría desprenderse, como han apuntado algunos autores (Vila, 1954, 225-234), que esta tecnología extractiva para la obtención de sal marina mediante evaporación solar (objeto principal de nuestro estudio) se extendiera por el Mediterráneo de la mano de los fenicios.

Según esto, podría ser que, dadas las inmejorables condiciones naturales de la zona, ya desde época muy temprana, los habitantes de *Gadir* roturaran salinas de evaporación solar sobre las marismas de la Bahía. Sin embargo, no podemos olvidar que Estrabón (*Geogr.* 3.2.6.), al referirse a la sal de Turdetania, relaciona la sal fósil y extraída de los ríos salados con el abastecimiento de los talleres de salazones de la costa; sal con la que, sin especificar de qué tipo, comerciaban los antiguos gaditanos (Estrabón, III, 5, 11). De aquí una de nuestras principales preguntas: ¿qué tipo de sal emplearon entonces los gaditanos para la elaboración de sus afamadas salazones?

Queda fuera de toda duda que la técnica de extracción de sal por evaporación solar en salinas litorales era sobradamente conocida en época romana. Si atendemos a la escueta información de las fuentes literarias, así se demuestra. Tito Livio (*Historia romana* I, 33) nos dice que esta tecnología de la sal se utilizaba en la Roma primitiva desde que Anco Marcio (641-616 a. C.), fundador del puerto de Ostia, las implantara en el estuario del Tiber. Por su parte, aunque con pocos detalles, *Rutilius Namatianus* describe en uno de sus textos (*De reditu suo* I, 475-478) un paisaje y una morfología de salinas que recuerda bastante a nuestras salinas tradicionales. Unas salinas en las que el secreto de su roturación y laboreo debió transmitirse, como en la actualidad, de padres a hijos y de maestros a aprendices, sin que hayan quedado manuales o descripciones relativas a las técnicas empleadas en el mismo.

Sólo el estudio de las huellas dejadas en el paisaje y de los restos materiales conservados puede ayudarnos a avanzar en este sentido, línea de trabajo en la que nos hemos adentrado desde hace unos años a través de dos vías de estudio diferentes:

- La reconstrucción paleotopográfica de la bahía de Cádiz mediante técnicas geoarqueológicas, para determinar las áreas potenciales donde pudieron roturarse.
- El estudio arqueométrico de los restos de alimentos salados, para caracterizar los posibles restos de sal que contuviesen para su conservación y determinar las técnicas empleadas para su obtención.

3.- Geoarqueología de las salinas: el caso de Cádiz.

Hasta hace escasos años no se había realizado ningún intento científico de restitución paleotopográfica de la bahía de Cádiz. Las propuestas elaboradas hasta el momento se apoya-

ban, principalmente, en la siempre difícil y compleja tarea de interpretar las fuentes literarias grecolatinas, llegando a la conclusión de una bahía abierta, navegable y apenas colmatada en su parte interior durante la Antigüedad, motivo por el que, durante años, se desatendió el estudio de la posible ocupación humana de las marismas por ser consideradas unidades morfológicas de formación reciente.

En los últimos años, los avances habidos en la geoarqueología litoral han venido a mostrar que cualquier intento de restitución paleopaisajística debe pasar necesariamente por la realización de un estudio multidisciplinar encaminado a analizar la interrelación espacial existente, de manera sincrónica y diacrónica, entre los diversos factores condicionantes del desarrollo de las formas litorales. En esta línea consideramos necesario, para definir la génesis de las marismas gaditanas, determinar el momento en que comenzaron a estar emergidas y, por tanto, potencialmente ocupadas por los seres humanos con diferentes fines.

Sin duda era una labor compleja que pasaba, primero, por delimitar en cada área la posición relativa del nivel del mar, para luego datar su antigüedad tanto por métodos absolutos como relativos, y especificar si los restos materiales existentes sobre las mismas permitían definir el tipo de uso que tuvieron a lo largo de su historia (Alonso *et alii*, 2000; Alonso *et alii*, 2003). Los indicadores geoarqueológicos observados en el marco de la bahía gaditana nos daban testimonio de la incidencia histórica de dos procesos costeros contrapuestos y claramente definidos espacialmente: la erosión, localizada principalmente en zonas externas y expuestas; y la colmatación, presente sobre todo en el marco de la bahía interior (Gracia *et al.*, 1999). Centrándonos en este último, se pudieron definir dos momentos en los que la colmatación de la bahía gaditana parece acelerarse durante los últimos 2.500 años. Uno se sitúa entre los siglos IV y II a.C., mientras que el otro se puede fechar hacia el siglo XVI (Alonso *et alii*, 2000). El origen de este proceso debe ponerse en relación en ambos casos, tanto con oscilaciones de la tendencia climática en esos momentos (Alonso *et alii*, 2004) como en el impacto producido por la actividad humana sobre el medio natural, especialmente debido a la deforestación y roturación de terrenos para el cultivo.

Las dataciones efectuadas en el episodio de arranque de la flecha litoral de Valdelagrana han permitido conocer que la unidad de cordones situada más hacia el interior posee, al menos, una antigüedad de 2700 años (Zazo y Goy, 2000). De otra parte, la presencia sobre la misma de un posible asentamiento humano datado hacia el Bronce Pleno (1800-1600 a. C.) y la existencia de un camino posiblemente de época romana (Gómez Ponce *et alii*, 1997), confirmaban arqueológicamente tanto su antigüedad como su amplio desarrollo en ese momento. Todo ello venía a poner en entredicho determinadas teorías que definían la Bahía, entre Puerto Real y El Puerto de Santa María, como un amplio espacio abierto, navegable y sin colmatar (Rambaud, 1996).

Más al sur, en la zona de Barrio Jarana (Puerto Real), hemos podido constatar un proceso similar, con la presencia de un

cordón litoral activo y en formación al menos hasta el 900 a. C. (Gracia *et alii*, 1999), al resguardo del cual, como en el caso anterior, comenzarían a desarrollarse marismas desde época temprana.

Próximo a este lugar, en la zona de Camposoto (San Fernando), la existencia de un alfar de ánforas en producción durante los siglos VI y V a. C. y la presencia junto a él de un gran número de ánforas cargadas con pescado salado preparadas para ser exportadas, apuntaba la existencia de un espacio navegable en las proximidades a este enclave, conformado quizás por una red de caños mareales por los que se sacaban los pesados y frágiles contenedores cerámicos. Tan sólo unos siglos después, la Bahía parece adentrarse en un imparable proceso de colmatación. Hechos como el abandono de las anteriores zonas alfareras en la zona de Camposoto y el desplazamiento de esta actividad industrial en sentido Norte durante los siglos IV a I a.C. a lo largo de la costa occidental de San Fernando, así parecen confirmarlo, proceso de colmatación que se confirma igualmente en el sector Este, en el espacio comprendido entre los términos municipales de San Fernando, Chiclana de la Frontera y Puerto Real (Véase en relación a este tema: Alonso *et alii*, 2000; Alonso *et alii*, 2003)

La existencia de la referida flecha litoral de Barrio Jarana, al sur de Puerto Real, confirma la navegabilidad de esa zona con anterioridad al siglo VIII a.C. (Gracia *et alii*, 1999). Una zona que, hacia el cambio de Era, se encontraba ampliamente colmatada si nos atenemos a los datos que nos aporta el trazado del acueducto romano construido para suministrar agua a la ciudad de Cádiz, que cimentaba sobre una antigua marisma emergida pilotada en base de postes de madera para darle estabilidad.

Junto a todos estos datos, el estudio microtopográfico de las marismas de la bahía de Cádiz y, en paralelo, el análisis de los paleoindicadores de procesos eustáticos e isostáticos, venían a revelar que la bahía gaditana era, desde antiguo, un gran humedal con marismas desarrolladas en las que se encajaban tanto el cauce del río Guadalete como múltiples caños mareales. Un humedal potencialmente utilizable, posiblemente, con los mismos fines que de él se hacen en la actualidad: la obtención de recursos (pesca, marisqueo y roturación de salinas) y el asentamiento de infraestructuras de apoyo al transporte y la navegación (puertos, embarcaderos, talleres de carpinterías de riberas, etc.). Faltaba sólo buscar sobre las marismas más antiguas la posible huella de estos usos, y la invocación no tardó en aparecer.

Una visita realizada a mediados de los años 90 para valorar unos restos aparecidos sobre las marismas situadas al suroeste de San Fernando (Zona de Camposoto) permitió identificar, entre restos de antiguas salinas arrasadas, varias alineaciones de reducido espesor compuestas por restos materiales cerámicos (principalmente ánforas) y constructivos (pétreos, cerámicos y restos de diferentes tipos de morteros) de época principalmente romana. A lo largo de éstas se conservaban varias isletas erosivas de aproximadamente un metro de potencia que presentaban mayor concentración y volumen de

materiales. Entre la hipótesis barajadas para interpretar el lugar planteamos la posibilidad de que se tratara de restos de antiguas salinas de época púnico-romana, sin descartar que dichos materiales pudieran haber llegado allí como consecuencia de un acarreo desde yacimientos próximos para roturar, en época más temprana, las estructuras de la salina existente allí al menos desde el siglo XVII en un momento posterior (Alonso *et alii*, 2000; Alonso *et alii*, 2003).

Con posterioridad a nuestros trabajos, la zona fue objeto de estudio por otro equipo de investigación (Arteaga *et alii*, 2001; Barragán, 2001) que llegó, al igual que nosotros, a la conclusión de que este espacio estaba ya ocupado y colmatado desde época prerromana, si los restos a los que hemos hecho alusión los interpretan como pertenecientes a estructuras asociadas a centros de producción cerámica.

Otro ejemplo de posible salina romana lo encontramos en la zona sur de San Fernando: el yacimiento de Los Cargaderos, excavado en 1996 por técnicos del Museo Municipal de esta ciudad. Se trata de una estructura de algo menos de 2 metros de altura y más de 5 de longitud y de 2 de anchura en su parte excavada (se le suponen varias decenas, coincidiendo con el muro interior de la actual salina de donde forma parte) que la conforman varias (posiblemente cinco) alineaciones de ánforas romanas machihembradas entre sí y superpuestas al menos en dos niveles fijados al terreno por medio de estacas de madera clavadas en la marisma. Su parte alta se encuentra recubierto de una capa de piedra y arcilla sin duda para facilitar el drenaje del terreno, y por tanto, garantizar su transitabilidad (Alonso *et alii*, 2003; Bernal *et alii*, 2005)

La funcionalidad de la estructuras puede ser interpretada de formas diferentes, siendo su uso como embarcadero el más aceptado (Véase en amplio trabajo recopilatorio realizado en este sentido por Bernal *et alii*, 2005). Sin embargo, la interpretación pudiera ser distinta, ya, si de un embarcadero se tratase, la estructura no tiene suficiente consistencia como para soportar la acción erosiva de las corrientes litorales. Baste observar las técnicas constructivas de los actuales muros salineros de la zona. Son estructuras muy consistentes, levantadas a base de fango mezclado, principalmente con piedra o material de derribo, que se fija al terreno mediante una densa y potente empalizada de postes gruesos (muy superiores en grosor y longitud al sistema de estacas encontrado en Los Cargaderos) clavados varios metros en el fango. Alcanzan por lo general potencias superiores a los 3 metros para poder soportar el rango de marea de la bahía de Cádiz. Además toda la superficie exterior del muro suele ser de piedra para soportar sin daños las corrientes del caño de alimentación. Nada que ver con la débil estructura de Los Cargaderos, mucho más parecida en cuanto a potencia y técnica constructiva a la de los muros que sirven para delimitar entre sí las distintas dependencias de los tajos salineros. Si se tratase de un embarcadero, sus escasos 2 metros de potencia, desde el nivel de estacas enterrado en el fango hasta el del suelo no transitado, en las condiciones mareales de Cádiz y morfológicas de un caño mareal, apenas permitiría obtener una lámina de agua para la navegación de un metro en momentos de máxima pleamar, lo que la define como

poco útil para labores de carga y descarga de embarcaciones. Por otra parte, al tratarse de una estructura lineal construida en medio de la marisma, separada de tierra firme cerca de 300 m. sin que se haya localizado ningún tipo de relleno intermedio, descarta su interpretación como estructura de saneamiento encaminadas a conseguir zonas aterrazadas sobre las que construir.

Por todo ello consideramos que la estructura debe ser interpretada desde la misma función que cumple aún en la actualidad: es decir, como muro de contención de una salina litoral cuya funcionalidad es separar espacios en el interior de la misma.

El estudio paisajístico del entorno nos ha permitido conocer que la zona no ha cambiado apenas durante los últimos 300 años. Un levantamiento topográfico de precisión realizado por las tropas francesas en 1824 nos ha permitido confirmar este hecho y extrapolarlo a cartografías anteriores de menor detalle. La explicación parece lógica si tenemos en cuenta que roturar y labrar una salina sobre fango hasta hacerla funcional es una labor muy compleja y costosa, por lo que, siempre que su estructura no se vea alterada o que el caño de captación de agua no se cegara, suelen permanecer activas con ligeras modificaciones constatadas en la cartografía consultada, encaminadas a mejorar su productividad o a segregar parte de su propiedad para su transmisión a un tercero. Si bien no tenemos datos para poder remontar esta realidad mas allá de mediados del siglo XVII, la escasa movilidad y dinamismo de los espacios de marismas emergidos a lo largo de los siglos nos da pie para pensar que, si en tierra han pervivido hitos del paisaje de época antigua (centuriaciones, redes viarias, tramas urbanas, etc.), también podría darse el caso sobre las marismas emergidas, máxime cuando, debido a sus escasas condiciones de habitabilidad, el uso que se ha hecho de estos espacios se ha venido relacionando con actividades vinculadas a la pesca, el marisqueo o la obtención de sal.

Habrà que esperar, sin embargo, a disponer de un estudio geoarqueológico detallado de esta estructura y su entorno, principalmente por medio de la caracterización sedimentaria y el análisis diacrónico de la formación de las marismas adyacentes, así como la determinación de sus dimensiones totales, a través del uso de técnicas de prospección no destructivas como la magnética o el georradar, para obtener datos concluyentes en relación a su funcionalidad.

Recientemente la arqueología ha dejado claro que los romanos conocían este tipo de salinas de evaporación. El caso de la salina romana de Vigo es un magnífico ejemplo (Véase al respecto, en estas mismas actas, el Póster presentado por Juan Carlos Castro, a quien agradecemos toda la información facilitada al respecto), sobre cuya estructura nos hemos atrevido a plantear una interpretación basada en la necesidad de adaptar el proceso extractivo en este tipo de salinas a las exigencias impuestas por el medio en el que se asientan (Alonso, Menánteau, e.p.).

Creemos que existen datos suficientes para pensar que durante la época romana se emplearon, también en el marco de la

bahía de Cádiz, técnicas de evaporación solar para conseguir la codiciada sal común; pero: ¿Era ésta la que se empleaba para la elaboración de las afamadas salazones gaditanas?, o fueron las salinas del interior, como nos dice Estrabón (3.2.6) las utilizadas. Con el objetivo de dar respuesta a este interrogante decidimos iniciar una nueva línea de investigación encaminada a desarrollar un protocolo de estudio para poder conocer, desde el análisis químico de alimentos salados, las características químicas de las sales.

4.- Arqueometría de la sal.

La sal, entre otros usos, es un elemento imprescindible para el correcto desarrollo de la actividad osmótica de la mayoría de los seres vivos, siendo obtenida desde el neolítico a partir del agua de mar, de fuentes de salmueras y de minas de sal gema mediante el empleo de técnicas diferentes.

Recuperar la historia tecnológica de la sal en un territorio determinado pasa, especialmente en el caso de las salinas marítimas, por conocer sincrónica y diacrónicamente la interrelación entre los diferentes factores que pudieron influir para la elección de uno u otro método extractivo, a saber: la forma en que la sal se presenta en el medio natural; los condicionantes geomorfológicos y ambientales del sitio; las necesidades de la población en función de los modelos y las actividades económicas de cada época; y el nivel de desarrollo tecnológico alcanzado por el grupo o grupos sociales que lo habitaban (atendiendo a posibles procesos de aculturación), aspecto este último que es el principal objeto de nuestro trabajo.

En función de la técnica empleada para su obtención, la sal resultante puede tener características diferentes (figura 1).

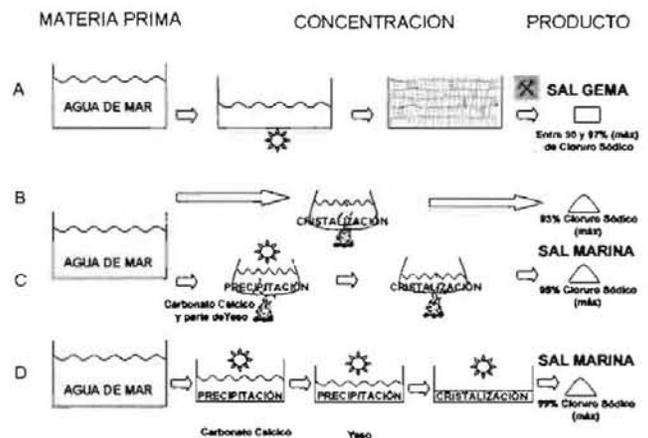


Figura 1.- Técnicas empleadas para la obtención de la sal.

La sal gema extraída de los yacimientos mineros posee, por lo general una riqueza máxima en cloruro sódico del 97%, inferior a la sal marina producida en las actuales explotaciones salineras (figura 1-A).

Por su parte, la sal marina obtenida mediante técnicas de ignición tiene características químicas diferentes, dado que, en el proceso de concentración, determinados componentes del agua de mar cristalizan conjuntamente con el cloruro sódico, provocando una importante presencia de sales cálcicas, magnésicas y potásicas:

- o Si el agua de mar se concentra en un único recipiente hasta el agotamiento de la masa líquida (figura 1-B), se obtendría una sal marina con una concentración máxima de cloruro sódico del 93%, con importante presencia de sales cálcicas, magnésicas y potásicas.
- o Si el agua de mar se somete a un proceso previo de evaporación por exposición al fuego o a condiciones ambientales (figura 1-C), se produce la precipitación en ese primer recipiente del carbonato cálcico (CaCO_3) y parte del yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), obteniéndose como resultado una sal marina de riqueza máxima del 95% de cloruro sódico.

En las salinas de evaporación solar, el agua del mar pasa por una serie de balsas de evaporación, como paso previo a su entrada en los cristalizadores, al objeto de eliminar gran parte del calcio contenido en el agua de mar y que cristalizan en forma de carbonato cálcico y yeso (figura 1-D).

Tomando en consideración lo anterior cabe esperar que, a partir del análisis químico de una sal antigua, se pudiera deducir el proceso de obtención seguido.

5.- El proceso de obtención de sal marina por evaporación solar.

En una salina de evaporación solar se distinguen tres partes: los depósitos de alimentación o esteros; las zonas de concentración o evaporadores; y los cristalizadores de sal. Cada una de ellas, por su funcionalidad, se encuentra subdividida en espacios diferentes a los que la tradición y cultura salineras han dotado de nombre específicos. En el caso de la Bahía de Cádiz, es la siguiente (Bordóns, 2002):

5.1.- Los depósitos de alimentación o esteros.

Son lagunas o esteros de gran extensión, sin forma fija, que sirven para el almacenamiento del agua de mar y como primera etapa de concentración. Su extensión suele representar aproximadamente entre el 15 o el 20 % del espacio total de la salina, encontrándose situado junto al caño de alimentación para la captación de agua de mar en pleamar a través de compuertas. Lo más frecuente es que dispongan de uno sólo de estos depósitos, pero en algunos casos, por la forma y extensión de la salina, pueden llegar a contar con más.

5.2.- Las zonas de concentración.

Las zonas de concentración las constituyen canales intercomunicados con profundidad cada vez más escasa en el sentido de circulación de las aguas. Su función es favorecer la

evaporación del agua y aumentar su salinidad. En ella se distinguen tres zonas: lucio, vueltas de retenida y vueltas de periquillo.

a.- El lucio comunica con el estero. El agua que procede de allí tiene una salinidad de 4° Bé (un grado Baumé es la unidad de densidad empleada en las salinas para expresar la concentración de las aguas como consecuencia de la evaporación experimentada por la acción del sol y del viento). A su salida, la salinidad alcanza 10° Bé. La lámina de agua no supera los 60 cm. de profundidad.

b.- En las vueltas de retenida, con una profundidad no superior a los 40 cm., el agua alcanza los 15°-17° Bé.

c.- Las vueltas del periquillo es el paso siguiente y anterior a la zona de cristalización. La capa de agua tiene unos 20 cm., llegando a alcanzar finalmente una salinidad superior a 20°-22° Bé, próxima a la salinidad para la cual las aguas alcanzan la sobresaturación de cloruro sódico.

5.3.- Los cristalizadores.

La zona de cristalización está comprendida por las cabeceras y los tajos o cristalizadores.

a.- Las cabeceras son corredores que rodean y alimentan a los cristalizadores. En ellas, la salinidad se incrementa hasta valores próximos a 25° Bé, para el cual las aguas alcanzan la sobresaturación de cloruro sódico.

b.- En los cristalizadores, también llamados tajos, se produce la cristalización de la sal marina. Son espacios rectangulares de superficie variable, con una media de 40 m², y la profundidad de las aguas de 10 cm.

La concentración natural del agua de mar en este espacio es, esencialmente, un proceso químico que se realiza gracias a la acción combinada del sol y del viento sobre las aguas en constante circulación por gravedad a través del circuito establecido. Durante el mismo se produce la cristalización fraccionada o diferencial del carbonato cálcico (CaCO_3) en las primeras balsas, del yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en las balsas anteriores a los cristalizadores y de cloruro sódico (NaCl) en los propios cristalizadores.

Para lograr la precipitación de la sal marina se debe alcanzar el límite de saturación del cloruro sódico (NaCl), lo cual exige una pérdida del agua por evaporación de aproximadamente el 90% de su volumen original. Es decir, si partimos de 1.000 litros de agua de mar (3,5 °Bé), hasta que no se reduce su volumen a 100 litros (26 °Bé) no se observa la formación de cristales de sal. En la figura 2 se relaciona la reducción de volumen con el aumento de la densidad de las salmueras, expresándose los dominios de precipitación de las tres sales, mientras que en la tabla siguiente (Tabla 1) se recoge la variación que experimenta la composición de las aguas por efecto de su concentración natural, tomando como referencia su densidad en grados Baumé.

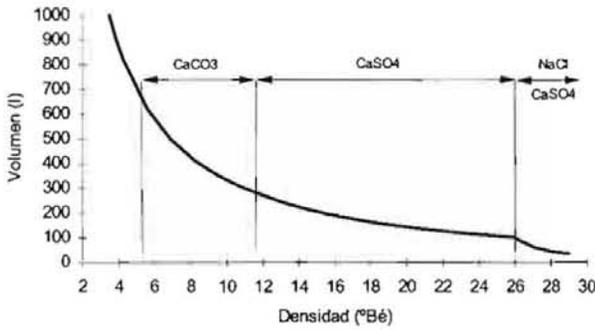


Figura 2.- Reducción de volumen frente a la densidad de las salmueras marinas.

Densidad (g/cc) (°Bé)	Composición (g/l)							Sales (g/l)
	CaCO ₃	CaSO ₄	MgS ₄	MgCl ₂	NaCl	KCl	NaBr	
1,025 3,50	0,173	1,419	2,138	3,384	27,27	0,714	0,085	35,21
1,027 3,85	0,192	1,562	2,360	3,723	30,09	0,818	0,095	38,85
1,030 4,22	0,206	1,711	2,598	4,076	33,01	0,897	0,104	42,62
1,040 5,58	0,183	2,265	3,468	5,403	43,91	1,192	0,138	56,57
1,050 6,91	0,140	2,816	4,367	6,719	54,98	1,491	0,172	70,70
1,060 8,21	0,087	3,377	5,277	8,045	66,19	1,795	0,208	85,00
1,070 9,45	0,015	3,933	6,209	9,374	77,53	21,01	0,242	99,42
1,080 10,74		4,499	7,157	10,71	89,02	2,412	0,278	114,0
1,090 11,97		5,046	8,110	12,12	100,23	27,17	0,314	128,6
1,100 13,18		4,695	9,197	13,60	113,08	3,062	0,354	144,0
1,110 14,37		4,360	10,29	15,07	125,96	3,408	0,393	159,2
1,120 15,54		4,041	11,36	16,58	138,85	3,765	0,435	175,5
1,130 16,68		3,746	12,43	18,05	151,78	4,105	0,473	190,4
1,140 17,81		3,543	13,51	19,64	164,76	4,456	0,515	206,3
1,150 18,91		3,171	14,58	21,19	179,09	4,807	0,555	222,6
1,160 20,00		2,898	15,69	22,74	190,72	5,159	0,596	237,9
1,170 21,07		2,628	16,74	24,35	203,53	5,518	0,636	253,8
1,180 22,12		2,369	17,83	25,94	217,11	5,875	0,679	269,0
1,190 23,15		2,218	18,81	27,64	230,02	6,228	0,720	283,4
1,200 24,17		1,862	20,03	29,18	243,81	6,589	0,760	302,5
1,210 25,17		1,606	21,13	30,81	256,81	6,953	0,803	318,7
1,218 26,00		1,400	22,06	32,28	268,38	7,266	0,840	332,9
1,220 26,15		1,346	23,78	35,66	263,03	7,923	0,915	332,9
1,230 27,11		1,084	27,83	54,98	231,34	12,26	1,30	341,0
1,240 28,06		0,817	50,82	74,05	206,45	16,63	1,91	350,9
1,245 28,53		0,703	57,11	83,42	193,20	18,71	2,16	355,8
1,250 29,00		0,595	63,24	92,71	180,34	20,76	2,36	360,5
1,255 29,50		0,520	72,20	102,50	166,20	23,05	2,56	367,0
1,262 30,00		0,415	79,70	113,60	152,40	26,10	2,75	374,8

Tabla 1.- Variación de la composición de las aguas atlánticas con la densidad.

El proceso de concentración del agua del mar conforme va pasando por las diferentes dependencias de la salina es el siguiente:

Entre los 4 y 11 °Bé precipita el CaCO₃ en cantidad de 0,173 Kg/m³ para aguas atlánticas. El CaSO₄, en forma de yeso, inicia su precipitación a partir de 12 °Bé, eliminándose el 90% (1,277 Kg/m³) antes de comenzar la cristalización del NaCl. El resto lo hace gradualmente impurificando la costra de sal formada en los cristalizadores. Cuando el volumen de agua de mar aportado a las salinas ha experimentado una concentración relativa de 9,75 veces, se alcanza la sobresaturación del NaCl. Estas salmueras de 26 °Bé son las que alimentan los cristalizadores.

Las salmueras de 26 °Bé (268 g/l NaCl) se van introduciendo periódicamente en los cristalizadores. En ellos, la densidad no debe superar los 30 °Bé (152 g/l NaCl) al objeto de optimizar la calidad de sal marina cristalizada (evitar coprecipitaciones de sulfato sódico y sulfato de magnesio, que se inician a partir de 31 °Bé). Para este rango de operación de densidades cristaliza el 80% del NaCl contenido en la salmuera. Antes de recolectar la sal marina, las salmueras deben retirarse de los cristalizadores y ser devueltas al mar, ya que existen razones técnicas que hacen desaconsejable retornarlas a otras balsas del circuito.

Cuando se opera entre 26 y 29-30 °Bé, la sal marina cristalizada es de alta calidad en cloruro sódico (99% NaCl), aunque con presencia inevitable de yeso debido a la coprecipitación de esta sal. También se constata en la sal marina la presencia de magnesio, como sulfato y cloruro de magnesio, debido al efecto de empape de la salmuera residual o aguas madres sobre la costra de sal. Para su eliminación se procede al lavado de la sal, en cuyo caso se alcanza una pureza del 99.5% NaCl.

Si las salmueras de vaciado se retiran por encima de 29-30 °Bé, aumenta el rendimiento de la cristalización. Sin embargo, como contrapartida, aumenta las impurificaciones de sales de magnesio en la sal.

6.- Analítica de las salazones.

6.- Analítica de las salazones.

Partiendo del supuesto metodológico de que la composición química de la sal de evaporación solar debe ser completamente diferente de la de ignición o la sal gema por el proceso de pérdida de elementos químicos durante toda la fase de concentración, iniciamos en el año 2002 una fase de comprobación encaminada a determinar, por medio de un protocolo analítico, la caracterización arqueométrica de las sales contenidas en supuestas muestras de pescado salados.

La primera de éstas consistía en polvo con materias orgánicas extraído de una de las ánforas (la única que parecía ofrecer garantías de no estar contaminada) sacadas a la luz en los trabajos arqueológicos realizados en el año 1998 en la zona de Camposoto, San Fernando, Cádiz (Alonso *et alii*, 2003).

El primer objetivo era discriminar el contenido de cloruro sódico del resto de componentes minerales aportados por la materia orgánica. La presencia de hierro, yeso, calcio y magnesio, perteneciente al tejido muscular y la sangre de los pescados, contaminaba una primera caracterización analítica del cloruro sódico, por lo que nos replanteamos el proceso a la inversa: buscar la presencia de elementos cuyo punto de cristalización fuese próximo o superior al de la sal común. En este sentido, el Bromo (Br), presente en el agua del mar pero no en los seres vivos, vino a arrojar una lectura esperanzadora. Por cristalizar a una concentración superior al del cloruro sódico, éste es un elemento residual en las salinas de evaporación solar, sólo presente en las agua de desecho

(aguas madre), y ausente por tanto en la sal de consumo de evaporación solar, aunque sí potencialmente detectable en analíticas de la sal de ignición en el caso de que la concentración al fuego de la salmuera se haya realizado hasta la deshidratación total de la salmuera.

Las conclusiones apuntaron que las muestras podían corresponder a pescado conservado en sal de evaporación solar, pero el estudio cuantitativo y comparativo, señalaba otras posibles interpretaciones. El porcentaje potencial de cloruro sódico, frente al total de restos orgánicos, resultaba demasiado bajo como para tratarse de una salazón, lo que, si la muestra no había sido alterada natural o antrópicamente, podría justificarse de diferentes formas: por una retirada mecánica de la sal del pescado salado; por tratarse de una salazón de mala calidad; o por corresponder con algún tipo de ahumado, opción a considerar si nos atendemos a la presencia de restos óseos con huellas de fuego detectados durante el estudio taxonómico de la muestra, según nos informó D. Antonio Sáez Espligares, Director del Museo Municipal de San Fernando.

En la primavera del 2005 recibimos por parte del Profesor Darío Bernal el ofrecimiento para analizar, siguiendo esta misma línea de investigación, una muestra del contenido orgánico localizado en la pileta nº 13 de la factoría de San Nicolás de Algeciras (Cádiz). Dado que se conocían las especies que componían la muestra a analizar (sardinas y boquerones) por los estudios ictiológicos realizados previamente (Bernal, e.p.), decidimos preparar tres muestras de referencia analítica reproduciendo los siguientes supuestos:

Muestra 1: Sardinas y boquerones en jugo de vísceras.

Se elaboró esta muestra empleando dos sardinas y cuatro boquerones con sus vísceras.

Muestra 2: Sardinas y boquerones salados.

Se elaboró una segunda muestra con dos sardinas y cuatro boquerones limpios de vísceras, sin lavar en agua dulce, a la que se añadió 20 g. de sal marina.

Muestra 3: Sardinas y boquerones al natural.

Muestra compuesta por dos sardinas y cuatro boquerones limpios de vísceras pero sin lavar en agua dulce.

Además de la muestra supuesta de salazón de pescado, se mandó analizar un fragmento de hueso (una escápula de suido) hallado en el relleno de una de las piletas de San Nicolás para que sirviese de referencia.

Tras dejarlas secar un mes a temperatura ambiente, las tres muestras se secaron a 70°C durante 48h en estufa de aire forzado. Posteriormente fueron molidas en mortero de ágata o molino de acero inoxidable hasta reducir el tamaño de partícula a < 500 µm y se conservaron en frío (5° C) hasta su análisis.

La determinación del contenido en sales solubles en las muestras molidas se llevó a cabo preparando extractos 1:200 (muestra/agua desionizada), agitando a temperatura ambiente durante 1 h y filtrando a través de papel de filtro Whatman 2. Las concentraciones de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, S y Zn en el extracto filtrado se determinaron por ICP-OES (espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente) en un equipo IRIS ADVANTAGE Thermo Jarrel Ash Corporation, las de Cl⁻, N-NO₃⁻ y P-PO₄³⁻ por espectrofotometría V en un autoanizador Technicon Bran Luebbe AACE y las de Br⁻ por cromatografía HPLC (cromatografía de líquidos de alta resolución) en un equipo WATERS 2996 con detector UV.

Para el análisis total, las muestras molidas y secas de 0,5 g se atacaron con 4 ml de HNO₃ conc. en un horno microondas Milestone Ethos 900. Los extractos filtrados a través de papel Whatman 2, se diluyeron con agua desionizada y en la disolución resultante se hicieron las determinaciones de Na, K, Ca, Mg, P, S y elementos traza por ICP-OES.

Los resultados de la analítica (Tabla 2) parecen bastante claros, si bien su interpretación es compleja. Todo parece indicar que el contenido en sales de la muestra ictiológica es suficientemente bajo como para identificarla con una salazón, a no ser que se hayan visto alteradas con el paso de los siglos por agentes externos.

Muestra	1		2		3		4		5	
	solubles	totales								
Na %	0,45	0,38	11,6	12,6	0,42	0,36	0,047	0,39	0,06	0,31
Ca %	0,29	1,79	0,16	0,95	0,15	1,99	0,16	22,9	0,13	14,1
Mg mg/kg	1046	1443	957	1396	1063	1620	9,65	1274	30	5397
K %	1,73	1,71	1,19	1,09	1,53	1,53	0,031	0,032	0,033	0,92
Cl mg/kg	5307	ND	214000	ND	4460	ND	353	ND	333	ND
S-SC4 mg/kg	2738	7130	2067	5065	2307	7165	312	963	119	651
P-PO4 %	1,01	1,59	0,62	0,88	1,03	1,66	0,0097	7,93	0,0115	5,3
N-NO3 mg/kg	42,7	ND	36	ND	32	ND	59	ND	48	ND
Fe mg/kg	< LD	140	2,71	95	< LD	217	< LD	2300	157	9646
Cu mg/kg	1,73	3,9	3,25	4,3	2,05	4,3	0,69	126	0,93	85
Mn mg/kg	< LD	15	< LD	6,5	< LD	15,1	< LD	588	< LD	427
Zn mg/kg	2,11	74	4,77	41	2,26	68	0,29	160	1,49	237
Br mg/kg	488	ND	88	ND	< LD	ND	< LD	ND	< LD	ND
CaCO3 %								14,8		7,4

LD, límite de detección
ND, no determinado

Características de las muestras

- Muestra 1: Dos sardinas, cuatro boquerones y sus vísceras (125 g)
- Muestra 2: Dos sardinas y cuatro boquerones (120 g) + sal (20 g)
- Muestra 3: Dos sardinas y cuatro boquerones (105 g)
- Muestra 4: Muestra de hueso (posiblemente restos de una salazón de carne)
- Muestra 5: Muestra ictiológica extraída de la pileta nº 13 (SN/3-5)

Tabla 2.- Elementos solubles y no solubles (relación sólido/disolución 1:200).

Si se observan con detalle los resultados analíticos, la muestra 5 (ictiológica) tienen más parecido con la 4 (hueso) que con las otras que contenían restos orgánicos, lo que permitiría interpretar la muestra como perteneciente a restos óseos de pescados (Sardinas y boquerones según el estudio ictiológico. Véase en Bernal, e.p.) sin apenas contenido orgánico.

Debemos descartar la posibilidad de estar ante algún tipo de conserva macerada en los propios jugos gástricos de los peces dado que, como se puede observar en la tabla en relación con la muestra 1, la presencia de vísceras se asocia analíticamente a niveles significativos de Bromuros.

Así pues, la interpretación de los resultados nos conduce por el momento, y a falta de nuevas analíticas realizadas en otras direcciones, sólo a tres posibilidades:

- Los restos orgánicos fueron depositados en la pileta, pero esta fue abandonada antes de recibir el aporte de sal necesario para su conserva.
- Los restos analizados han sido objeto de ingestión por parte de agentes biológicos externos (bacterias, hormigas, roedores, etc.) consumiéndose y desapareciendo la parte orgánica del contenido de la pileta y, con ella, cualquier resto de sal (Supuesto poco probable según el Prof. Bernal por las condiciones de homogeneidad, potencia y compactación que presentan los restos ictiológicos en el interior de la pileta en el momento de la excavación de esa unidad estratigráfica).
- El contenido de la pileta ha sufrido un proceso de lavado por infiltración de agua de lluvia que, al evaporar, arrastró por capilaridad hacia estratos superiores el cloruro sódico de la salazón (bastante improbable a nuestro juicio por las condiciones de estanqueidad de las piletas hidráulicas y la posición que el paquete orgánico ocupaba en el fondo de la misma).

La problemática está servida. Como se puede observar, se trata de un nuevo campo de investigación en el que es preciso seguir avanzando. Sólo la multiplicación de análisis y el estudio comparativo de los resultados nos permitirán llegar a conclusiones más allá de la hipótesis. Esperemos que el estudio de nuevas muestras halladas en condiciones seguras de no contaminación o transformación nos permitan seguir avanzando en esta línea. De momento sólo podemos barajar hipótesis de trabajo.

7.- Conclusiones.

Por los textos y la arqueología tenemos la certeza de que los romanos conocían y trabajaban las salinas de evaporación desde época temprana. Cádiz, por sus inmejorables condiciones naturales y su actividad económica volcada al mundo de las salazones, debió ser uno de los lugares donde se emplearan estos nuevos sistemas productivos más rentables, con cuya actividad podrían relacionarse algunas estructuras arqueológicas enclavadas en los terrenos de marismas de la bahía de Cádiz.

Son yacimientos por lo general desconocidos o mal interpretados que plantean grandes dificultades a la hora de su estudio e interpretación, alterados profundamente por la roturación de las actuales salinas abandonadas de la bahía, pero conservados en algunos casos como parte de las mismas.

El análisis arqueométrico ha venido por su parte a poner luz sobre un debate de gran interés en relación con las salazones. Las muestras analizadas apuntan la posibilidad de que, para época fenicia, se utilizaran técnicas de conservación sin sal: ¿ahumados, como apunta la analítica del contenido del ánfora de Camposoto?. El escaso número de muestras analizadas y la posibilidad de que muchas de ellas estuviesen contaminadas o alteradas, no permite de momento llegar más allá en relación a las características químicas de la sal empleada en las salazones antiguas, ni de la técnica empleada para su obtención. El estudio en un futuro de nuevas muestras extraídas con garantías de no haberse contaminación por agentes naturales o antrópicos vendrá sin duda a enriquecer esta línea de trabajo por el momento incipiente.

Bibliografía

- ALONSO VILLALOBOS, C.; GRACIA PRIETO, F. J. (2004): "La paleotopografía costera y el asentamiento de puertos, fondeaderos y zonas de producción del litoral gaditano durante la Antigüedad", *Actas del I Seminario ANSER. Evolución paleoambiental de los puertos y fondeaderos antiguos en el Mediterráneo occidental*, Alicante (14-15 noviembre 2003), 167-195.
- ALONSO VILLALOBOS, C.; GRACIA PRIETO, F. J.; MÉNANTEAU, L. (2000): "Las marismas, alfares y salinas como indicadores para la restitución paleotopográfica de la bahía de Cádiz durante la antigüedad", *XVI Encuentros de Historia y Arqueología. Las industrias alfareras y conserveras Fenicio-Púnicas de la Bahía de Cádiz*, San Fernando (13-15 de diciembre 2000).
- ALONSO VILLALOBOS, C.; GRACIA PRIETO, F. J.; MÉNANTEAU, L. (2003): "Las salinas de la bahía de Cádiz durante la Antigüedad: visión geoarqueológica de un problema histórico", *SPAL Revista de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Sevilla*, 12, 317-332.
- ALONSO VILLALOBOS, C. Y MÉNANTEAU, L. (en prensa): "Paléoenvironnements et techniques de production du sel marin (par chauffage, salines solaires) à l'époque antique: le cas des baies de Bourgneuf et de Cádiz", *Colloque international Le sel de la Baie et ses concurrents à travers les âges*, Nantes (16-18 septembre 2004).
- ARIZA CARMONA, J. (1996): *Sulfato sódico anhidro y disoluciones de cloruro de magnesio de salmueras residuales marinas*, Tesis doctoral.
- ARTEAGA, O.; KÖLLING, A.; KÖLLING, M.; ROSS, A.M.; SCHULZ, H.Y.; Y SCHULZ, H.D. (2001): "El puerto de Gadir. Investigación geoarqueológica en el casco antiguo de Cádiz", *Revista atlántica-mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*, 4, 345-415.
- BARRAGÁN MALLOFRET, D. (2001): *Investigación geoarqueológica en San Fernando, Cádiz*. Memoria de Licenciatura (inédita), Universidad de Sevilla.
- BERNAL, D.; SÁEZ, A.M.; MONTERO, R.; DÍAZ, J.J.; SÁEZ, A.; MORENO, D. Y TOBOSO, E. (2005): "Instalaciones fluvio-marítimas de drenaje con ánforas romanas. A propósito del embarcadero Flavio del Caño de Sancti Petri (San Fernando, Cádiz)", *SPAL Revista de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Sevilla*, 14.

- BERNAL CASASOLA, D. (Coord.) (en prensa): *Las factorías de salazones de Traducta. Primeros resultados de la excavación arqueológica en calle San Nicolás (Algeciras. Cádiz)*, Cádiz.
- BORDÓNS ALBA, C. (2002): *La sal*, (S. I.) Energía e Industrias Aragonesas.
- CASSEN, S. (2001): "La fabrication du sel. Une hypothèse fonctionnelle pour la forme céramique du caveau de Lannec er Gadouer", en S. Cassen ; C. Boujot C Y J. Vaquero (dir.), *Éléments d'architecture. Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Cadouer (Erdeven, Morbihan). Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*, 258.
- ESCACENA CARRASCO, J. L. (1994): "Acerca de la producción de sal en el neolítico andaluz", *Actas del encuentro internacional de arqueología del suroeste. Arqueología en el entorno del Bajo Guadiana*, Huelva, 91-118.
- ESCACENA CARRASCO, J. L.; RODRÍGUEZ DE ZULOAGA MONTESINO, M. (1988): "La Marismilla. ¿Una salina neolítica en el Bajo Guadalquivir?", *Revista de Arqueología* 89, 14-24.
- ESCACENA CARRASCO, J. L.; RODRÍGUEZ DE ZULOAGA MONTESINO, M.; LADRÓN DE GUEVARA SÁNCHEZ, I. (1996): *Guadalquivir salobre. Elaboración prehistórica de sal marina en las antiguas bocas del río*, Sevilla.
- GARCÍA VARGAS, E.; MARTINEZ MAGANTO, J. (e. p.): "La sal de la Bética romana. Algunas notas sobre su producción y comercio", *Habis*, 36.
- GARCÍA VARGAS, E. y MUÑOZ VICENTE, A. (2003): "Reconocer la cultura pesquera de la Antigüedad en Andalucía", *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* 44, 43-53.
- GÓMEZ PONCE, C.; BORJA BARRERA, F.; LAGÓSTENA BARRIOS, L.; LÓPEZ AMADOR, J.; RUÍZ GIL, J. A. y BORJA BARRERA, C. (1997): "Primeras fases de la evolución de la flecha de Valdelagrana (El Puerto de Santa María, Cádiz). Datos geoarqueológicos", *Cuaternario Ibérico*, 165-167.
- GRACIA, F. J., RODRÍGUEZ, J., BENAVENTE, J. CÁCERES, L. y LÓPEZ, F. (1999): "Tectónica cuaternaria en la Bahía de Cádiz", L. Palli y C. Roqué (eds.) *Avances en el estudio del Cuaternario español*, Girona, 67-74.
- KARAGEORGHIS, V. (1973): "Mycenaen and Phoenician", *Proceeding of the British Academy* 59, 261-262.
- MANFREDI, L. I. (1992): "Le saline e il sale nel mondo punico", *Rivista di Studi Fenici* XX, 1, 4.
- MARTINEZ MAGANTO, J. (e.p): "La sal en la Antigüedad: aproximación a las técnicas de explotación y comercialización. *Los salsamenta*", *III Congreso Internacional de Estudios Históricos. El Mediterráneo: la cultura del mar y de la sal*, Santa Pola, 2004.
- MONAH, D. (2002): "L'exploitations préhistorique du sel dans les Carpates orientales", O. Weller (ed.): *Archéologie du sel : Techniques et sociétés. Internationales Archäologie*, XIV Congrès UISPP, Liège (septiembre, 2001), 135-146.
- RAMBAUD, F. (1996): "Portus Gaditanus. Hipótesis de un nuevo emplazamiento", *Revista de Arqueología* 187, 24-35.
- SAILE, T. (2002): "Le commerce du sel dans l'Europe centrale préhistorique", O. Weller (Ed.), *Archéologie du sel : Techniques et sociétés. Internationales Archäologie*, XIV Congrès UISPP, Liège (septiembre, 2001), Rahden/Westf, 223-231.
- SCHUBART, H. (1986): "Hallazgos fenicios y del Bronce Final en la desembocadura del río Guadiaro (Cádiz)", *Anuario Arqueológico de Andalucía II*, 200-227.
- TASIC, N. (2002): "Sal Trade in the Neolithic of Southeast Europe", O. Weller (ed.): *Archéologie du sel: Techniques et sociétés. Internationales Archäologie*, XIV Congrès UISPP, Liège (septiembre, 2001), Rahden/Westf, 147-152.
- TEIXIDOR, J. (1986): *Bulletin d'épigraphie sémitique* (1964-1980), París.
- VILA VALENTI, J. (1954): "Notas sobre la antigua producción y comercio de Sal en el Mediterráneo Occidental", *Congreso Arqueológico del Marruecos Español*, Tetuán, 225-234.
- WELLER, O. (2002): "Aux origines de la production du sel en Europe. Vestiges, fonctions et enjeux archéologiques", O. Weller (ed.): *Archéologie du sel. Techniques et sociétés. Internationales Archäologie*, XIV Congrès UISPP, Liège (septiembre, 2001), Rahden/Westf, 163-175.
- ZAZO, C. Y GOY, J. L. (2000): "Cambios eustáticos y climáticos durante el cuaternario. Una síntesis sobre su registro en los litorales del sur y sureste peninsular, Islas Canarias y Baleares (España)", J.R. de Andrés y F.J. Gracia (Eds.), *Geomorfología litoral. Procesos activos*, Madrid, 187-206.