

# El Alfolí

Noticiario salino y salado de la Asociación  
de Amigos de las Salinas de Interior  
Nº 9 / 2011



## Revista digital El Alfolí

Noticiero salino y salado  
de la Asociación de Amigos  
de las Salinas de Interior  
I.S.S.N. 2173—1063

Número 9 / 2011  
Julio 2011

Asociación de Amigos de las  
Salinas de Interior  
Apartado de Correos 156  
19080 Guadalajara—España  
Tel. +34 678 896 490  
Fax +34 91 855 41 60  
salinasdeinterior@gmail.com  
www.salinasdeinterior.org

### Coordinación:

Katia Hueso Kortekaas  
Jesús-F. Carrasco Vayá

### Colaboran en este número:

Fco. Javier Abarquero Moras  
Pedro Abellán  
Paula Arribas  
Óscar Belmar  
Daniel Bruno  
José Antonio Carbonell  
Germán Delibes de Castro  
Simone Guareschi  
Elisa Guerra Doce  
Cayetano Gutiérrez-Cánovas  
Galen Hunter  
Andrés Millán  
Angel L. Palomino Lázaro  
Susana Pallarés  
Félix Picazo  
David Sánchez-Fernández  
Jesús M. del Val Recio  
Josefa Velasco

### Imágenes:

Salvo mención expresa,  
© de los colaboradores, ACASI  
o están libres de derechos

La redacción de El Alfolí recuerda  
que no se responsabiliza de las  
opiniones vertidas por sus  
colaboradores.

## Novena edición de El Alfolí

Este número de El Alfolí se caracteriza por tres amplias y bien documentadas colaboraciones, sobre temas muy dispares. En primer lugar, un grupo de arqueólogos nos informa sobre las explotaciones prehistóricas de sal que hubo en el famoso complejo lagunar de Villafáfila, Zamora, hoy en día conocido más bien por su avifauna. A continuación, el grupo de investigación de ecología acuática de la Universidad de Murcia nos descubre un ecosistema halófilo poco conocido y donde parecería que la vida es imposible: los ríos salinos y la biodiversidad que albergan. Finalmente encontramos un interesante artículo sobre una antigua salina en las afueras de Los Ángeles, donde hoy se encuentra una planta de producción de energía y nada haría sospechar lo que hubo algún día debajo de ella... Este último artículo es nuestra contribución “internacional” de este número. A continuación encontramos las habituales secciones de reseñas bibliográficas, noticias y agenda. Esperamos que sean de su interés.

El próximo número será nuestra décima edición, y queremos conmemorar ese hito con contribuciones estelares de prestigiosos investigadores del mundo de la sal, que según nos consta ya están trabajando en ellas. Así pues, invitamos como siempre a nuestros lectores a participar en ediciones posteriores con artículos, reseñas o noticias del mundo salinero.

**alfolí.** (Del ant. *alhorí*, este del ár. hisp. *al-hurí*, y este del ár. clás. *hury*; cf. egipcio *mhr* y copto *ahor*). **1.** m. Granero o pósito. **2.** m. Almacén de la sal.



## Índice

Presentación	2
Explotaciones de sal de época prehistórica en las Lagunas de Villafáfila (Zamora)	4
Los ríos salinos mediterráneos. Ecosistemas olvidados	9
Culture(s) and the Old Salt Lake (California)	18
Bibliografía de interés	27
Noticias	28
Agenda	30
Ficha de socio	32

## Normas de publicación

Se ruega enviar los manuscritos a la dirección de correo electrónico [salinasdeinterior@gmail.com](mailto:salinasdeinterior@gmail.com), con las siguientes características:

- Formato Word—sin maquetar
- Fuente Times New Roman 12 pt.
- Espaciado sencillo, justificado a ambos lados y sin sangrías
- Entre 500 y 3.000 palabras
- Imágenes sin montar, en formato .jpg o .gif y con leyenda aparte en Word
- Bibliografía al final del texto
- Incluir bajo el título el nombre de los autores y su afiliación
- Idiomas: Castellano, inglés, francés, portugués, alemán o italiano

El Alfolí 10 será una edición especial con colaboraciones cerradas. Si desea colaborar en el número siguiente, la fecha límite de recepción de originales es: **20 de junio de 2012**



# Explotaciones de sal de época prehistórica en las Lagunas de Villafáfila (Zamora)

F. J. Abarquero Moras, *Universidad de Valladolid* (fjabarquero@yahoo.es)

E. Guerra Doce, *Universidad de Valladolid* (elisa.guerra@uva.es)

G. Delibes de Castro, *Universidad de Valladolid* (delibes@fyl.uva.es)

A.L. Palomino Lázaro, *Aratikos Arqueólogos* (aratikos@aratikos.e.telefonica.net)

J.M. del Val Recio, *Junta de Castilla y León* (valrecje@jcy.l.es)

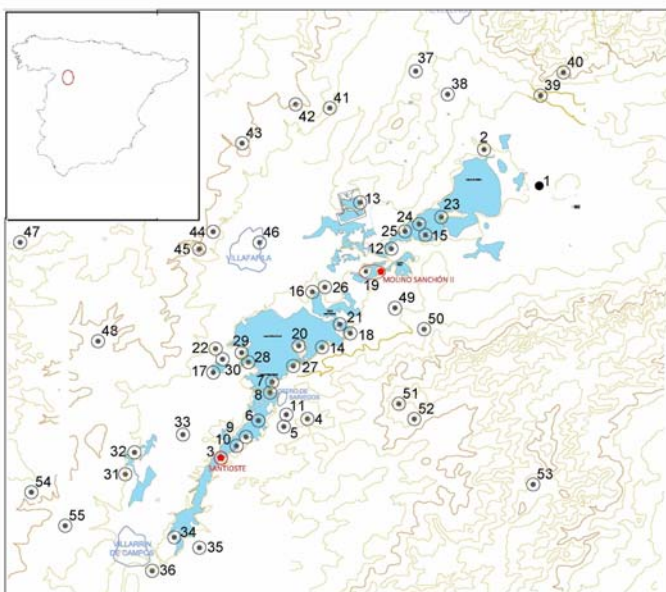
Las lagunas o salinas de Villafáfila, en el noreste de la provincia de Zamora, son un conocido “paisaje ibérico de la sal”, actualmente muy valorado por los aficionados a la ornitología tanto por la posibilidad de descubrir en su vasta planicie ribereña a la majestuosa avutarda, como por la enorme variedad de aves acuáticas de origen septentrional que acuden a estos parajes para capear los rigores del invierno (Rodríguez *et alii*, 2009). En todo caso, la auténtica notoriedad de Villafáfila viene de antiguo, por haber sido durante la Edad Media un pujante centro de producción de sal. Cuentan las fuentes escritas, en efecto, que desde el siglo X, pero sobre todo entre 1100 y 1250, los habitantes de aquella comarca, conocida como Lampreana, obtenían cloruro sódico por evaporación de las salmueras lagunares, habilitando para ello pozos, cisternas, eras y molinos o *ralladeros* de sal. Una muy lucrativa actividad, controlada como en tantos otros tiempos y lugares por los poderosos -en este caso por la iglesia y por los nobles-, que sirvió para abastecer durante medio milenio a todo el territorio

del Reino de León, y que encontró su decadencia a comienzos del siglo XVI, cuando a Villafáfila le resultó imposible seguir los ritmos productivos y sobre todo rivalizar con los precios de los salines litorales portugueses, andaluces y levantinos (Rodríguez, 2001).

A la vista de la importancia en todos los órdenes de la sal, que ha dado lugar a que Jean François Bergier compare su papel geoestratégico en el pasado con el del petróleo en el mundo actual, los arqueólogos hemos asumido el reto desde hace algunas décadas de ampliar el conocimiento sobre un producto que, por disolverse en la humedad del suelo, rara vez se materializa en el registro arqueológico: Cuando excavamos un espacio doméstico, el sentido común nos dice que la sal estuvo allí aunque, a la postre, nunca lleguemos a demostrar su existencia.



**Fig. 2:** Panorámica de las Salinas de Villafáfila en época de lluvia, cuando el agua prácticamente inunda los salines prehistóricos



**Fig. 1:** Dispersión de yacimientos prehistóricos en el entorno de las Lagunas de Villafáfila (Zamora, España)

**Técnicas de explotación de sal en la Prehistoria**  
Sin duda por esta razón el objetivo de la denominada “Arqueología de la Sal” se ha ido desplazando al estudio de un campo más visible y provechoso como es el de la explotación del recurso. En este sentido, el testimonio más célebre de época prehistórica continúa siendo la mina austriaca de las *Heidengebirge* de Hallstatt en la que, desde el final de la Edad del Bronce,

se extraía la sal gema excavando galerías y utilizando picos metálicos. Hoy, gracias al hallazgo de herramientas comparables de piedra pulida en la Muntanya Salada de Cardona, en Cataluña, es posible afirmar que este mismo tipo de labores se realizaban ya por lo menos tres mil años antes, desde el Neolítico.

Sin embargo, no se trata de la única forma de obtener sal que se conocía en aquellos tiempos remotos. Plinio el Viejo, allá por el primer siglo de la Era, atribuía a los celtas del noroeste de Europa un procedimiento distinto, que consistía en cuajar panes o lingotes de esta sustancia a partir de la evaporación de agua salada. En realidad, el procedimiento es el mismo seguido habitualmente en cualquier salina costera de cualquier época, pero con la originalidad de que la fuente de energía aplicada en la concentración de mueras era el fuego en vez de la radiación solar, lo que explica por qué normalmente se habla de “cocederos de sal”. En todo caso, lo que no sospechaba Plinio es que esa curiosa forma de obtener el cloruro de sodio, según revelan recientes excavaciones en los Balcanes, tenía a sus espaldas una tradición tan larga como la de las propias minas de sal gema, pues se remonta asimismo al Neolítico.

A juzgar por ciertos testimonios etnográficos y por los datos aportados por la excavación de yacimientos prehistóricos como Halle-Giebichenstein (Alemania central), de los inicios de la Edad del Bronce, o como el islote armoricano de Erbihens, de un momento avanzado del periodo de La Tène, la actividad en uno de aquellos cocederos acostumbra a dividirse en dos fases: en la primera, la salmuera se concentra en grandes recipientes de barro instalados sobre hornillos con cámara de combustión; y, en la segunda, la pasta semilíquida resultante se vierte dentro de moldes igualmente cerámicos pero más pequeños que, apoyados en peanas de barro, se disponen sobre un lecho de ascuas incandescentes para completar la solidificación (Harding, 2003: 249-254; Weller, 2010).

Al término del proceso, la necesidad de romper los moldes para extraer los positivos de sal y la rápida tasa de sustitución -por las elevadas temperaturas que sufren- de las grandes vasijas

de cocción se traducen en una superabundancia de restos cerámicos en las áreas productivas. De hecho, tales cascotes, mezclados con las cenizas de los cocederos y con los restos de los soportes y de las paredes de los hornos, una vez abandonada la instalación, acaban formando inmensos basureros que se conocen en toda Europa con el nombre de *briquetages* y que suelen ser, a ojos de los arqueólogos, el signo más representativo de cualquier oficina salinera de esta naturaleza.

### El poblamiento prehistórico en el entorno de las lagunas de Villafáfila

Volviendo a la comarca de Lampreana, hay un hecho arqueológico que llama poderosamente la atención, y es la gran concentración de yacimientos prehistóricos sobre todo en la zona de las lagunas. Si sabemos con certeza que en época medieval el boyante negocio salinero trajo consigo un incremento espectacular del poblamiento –en pocos siglos la cifra de núcleos de población se multiplicó por cuatro, lo que no sucedió en ninguna otra comarca terracampina-, ese sinnúmero de yacimientos prehistóricos (1 neolítico, 13 de la Edad del Cobre inicial, 4 del Cobre Pleno o Campaniforme, 30 del Bronce Antiguo, 7 del Bronce Pleno-Final, 4 del Hierro I y 1 del Hierro II), que resulta incomparablemente mayor al detectado en cualquier otro punto de Zamora según los datos del Inventario Arqueológico de Castilla y León, podría prestarse a una interpretación similar. ¿Guardaba relación tan alto número de enclaves prehistóricos con la prosperidad derivada de la explotación de la sal (Abarquero *et alii*, 2010a)?



Fig. 3: Pozo de extracción de agua salada de Molino Sanchón II.



Algunos detalles dan pie a desconfiar de esta lectura, pues de no todos los puntos con restos prehistóricos situados en el mapa puede decirse que fueran verdaderos poblados. Las dudas son fundadas porque un alto número de ellos, 36 de los 55 inventariados, se localizan en plena zona de inundación de las lagunas, esto es en suelos anegados que difícilmente pudieron acoger un caserío durante el invierno. También porque en determinados casos (el propio Molino Sanchón II, Papahuevos, El Madornil o Sobradillo) sus emplazamientos coinciden con los de las *pausatas* o explotaciones de sal medievales, sugiriendo cierta continuidad salmentera en los mismos lugares. Y, por último, porque los materiales arqueológicos que tales yacimientos entregan en superficie, con multitud de restos de *briquetage* (bastas vasijas de fondo plano, recipientes de barro seco, casi crudo, con improntas de cestería o peanas de arcilla sin cocer), son los propios, como vamos sabiendo por las excavaciones, de un cocedero de sal.

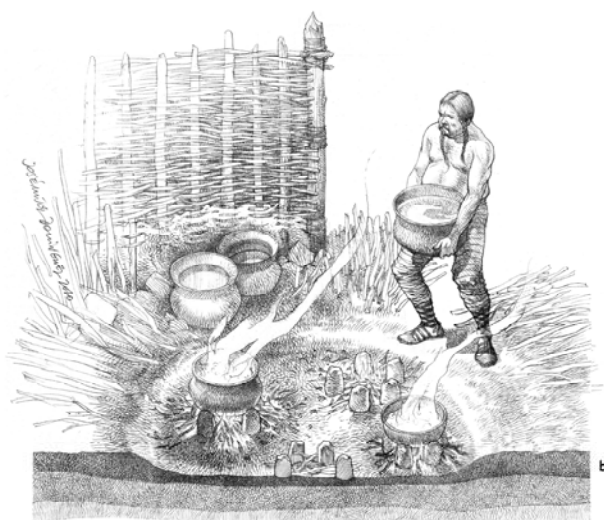
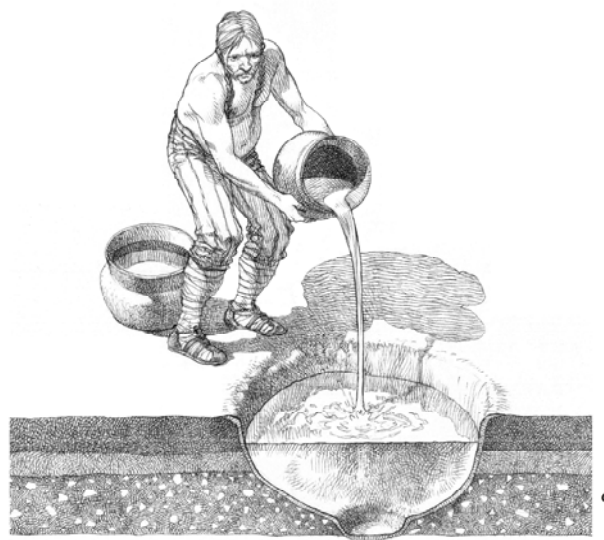
con seguridad se trata de oficinas de producción de sal. Nunca nos atreveríamos a decir lo mismo, por el contrario, en el caso de los 4 yacimientos restantes, ubicados a una distancia considerable (superior a dos kilómetros) de los esteros más próximos y con contados restos arqueológicos representativos de actividad salinera. En este caso, por tanto, hay razones para creer que nos hallamos, más bien, ante establecimientos domésticos o habitacionales.

En todo caso, aplicando este mismo criterio, nos parece advertir una trayectoria fluctuante, irregular, en la actividad salinera prehistórica de Villafáfila, con alternancia de fases de esplendor y de decadencia.



**Fig. 4:** Cocedero de salmuera con peanas de barro para sostener las vasijas durante el proceso de ebullición.

Los fríos datos numéricos precisan, pues, de una lectura matizada, como la que estamos en disposición de ofrecer de los yacimientos del Bronce Antiguo (1800-1600 a.C.), que son por cierto los más numerosos denotando que aquel fue uno de los momentos álgidos de las explotaciones villafafileñas. En efecto, de los 30 yacimientos inventariados de esta fase, hay 26 que son relativamente pequeños, que se hacían en el borde mismo de las lagunas y que ofrecen vestigios de *briquetage*, por lo que casi



**Figs. 5 a y b:** Dos momentos en el procesado de la sal. a) Decantación del agua salada, b) Cocción de la salmuera concentrada.

En el Neolítico (*circa* 5000 a.C.) la pequeña colonia de agricultores instalada en la Fuente de San Pedro sin duda no desdeñó la oportunidad de aprovisionarse de sal en las lagunas, situadas a no demasiada distancia, pero no existieron por entonces auténticas explotaciones especializadas. Y tampoco está claro las hubiera en la Edad del Cobre inicial (2800-2100 a.C.), pues solo 4 de un total de 13 yacimientos de esta etapa (Prado de los Llamares, San Pedro, El Villardón y Teso de la Casa) están suficientemente próximas del agua. En cambio, a finales del III milenio y sobre todo en la primera mitad del II, el número de yacimientos se multiplicó significativamente, como ya destacamos antes, y se invirtió la tendencia en el patrón de asentamiento, acumulándose la mayoría de las estaciones en el mismo borde del vaso lagunar. Volvemos a repetir que esta última es sin duda la fase de máximo esplendor de los salines prehistóricos de la comarca de Lampreana, pero de igual modo la antesala de una brutal decadencia en el Bronce Tardío y Final (1500-1000 a.C.) que dará paso, en el Hierro y también en época romana, a una etapa asimismo de atonía o al menos no especialmente dinámica.

### Excavaciones arqueológicas en Molino Sanchón II y Santioste

Al objeto de contrastar la hipótesis de que los yacimientos más estrictamente circunlagunares fueron centros de producción de sal, sólo activos durante el verano cuando las altas temperaturas, el descenso del nivel del agua y el aumento consiguiente de la concentración de sal favorecían la explotación, en el año 2009 practicamos excavaciones en dos de ellos, Molino Sanchón II y Santioste, obteniendo en ambos casos resultados positivos (Abarquero *et alii*, 2010a).

Molino Sanchón II, frente al pueblo de Villafáfila y junto al Caño de Riego, que une dos de las lagunas mayores, Barillos y la Salina Grande, resultó ser una modesta factoría (aproximadamente 2 ha) de las postrimerías de la Edad del Cobre, fechada por el radiocarbono entre 2400 y 2000 A.C. Sellado por una necrópolis medieval, el yacimiento constituye un perfecto muestrario de la dotación estructural de un cocedero de sal de hace cuatro mil

años. Allí se registra la existencia, en efecto, entre paravientos semicirculares de madera y ramaje, de un pozo de metro y medio de profundidad del que se extraían las mueras; éstas, seguramente muy sucias, debieron decantarse en el interior de pequeñas balsas circulares recibidas de barro plástico y con una leve depresión basal; además, no dejan de apreciarse aquí y allá vestigios de las áreas de secado o cocción – circulares, llenas de cenizas y con peanas de barro sobre las que descansaron las vasijas empleadas como moldes-; y la panorámica se completa con un desparramado *briquetage* probatorio de que el desmoldado se hacía *in situ*. Nos sorprende a los arqueólogos que en Molino Sanchón una buena parte de las cerámicas utilizadas en el transcurso de aquellos trabajos sean vasos campaniformes, esto es recipientes barrocammente decorados y, por consiguiente, con un elevado coste de producción, y atribuimos el hecho a que las explotaciones debieron estar en manos de una clase social dirigente que -se sabe por otros yacimientos- se hacía enterrar comúnmente en compañía de esta costosa vajilla.



**Fig. 6:** Gran vaso con decoración campaniforme hallado en el interior del pozo de Molino Sanchón II.

Y en Santioste, al suroeste del pueblo casi abandonado de Otero de Sariegos, en la orilla oriental de la laguna de Las Salinas y frente a la localidad de Villarrín, se repite, sólo que con algunas variaciones, la misma dotación mobiliar: hay igualmente pozos y artesas y hace asimismo acto de presencia, si cabe más engordado, el *briquetage*. Pero junto a ello destaca la novedad de que en las factorías de hacia el 1500 a.C.



-porque el yacimiento es medio siglo posterior a Molino Sanchón, situándose ya en la plenitud de la Edad del Bronce-, en vez de precipitarse la sal de las mueras sobre peanas que se izaban por encima de lechos de ascuas, se hacía directamente sobre fuegos vivos, instalados en el interior de hornos rectangulares de arcilla.



Fig. 7: Horno de cocción de salmuera de Santioste.

La actividad salinera en Santioste concluye con dos actos que no dudamos en calificar de “ceremoniales”: el enterramiento de una joven mujer, casi una niña, en el interior de una fosa –con un rico ajuar, a base de cuentecitas de hueso, adornos de plata y un botón de marfil, que nos lleva de nuevo, por cierto, a la idea de la elevada posición social de los salmenteros prehistóricos-, y la realización de una ofrenda, dentro de un nuevo hoyo, en este caso consistente en el sacrificio de una ternera. Estos y otros actos parecidos fueron bastante frecuentes en espacios mineros prehistóricos de cualquier índole (también en minas de variscita, como Can Tintorer, o de cobre como las del Aramo) y tuvieron, con seguridad, una intención sacralizada y compensatoria: los hombres, agradecidos y temerosos, buscaban con ello devolver a la Diosa-Tierra parte de lo que su actividad profanadora le había arrebatado del interior de su vientre (Abarquero *et alii*, 2010c).



Fig. 8: Depósito de una ternera joven en la factoría salina de Santioste.

### Bibliografía

- Abarquero, J., Guerra, E., Delibes, G., Morales, M.J., Negredo, M., Palomino, A., Rodríguez, E. y Val, J. del (2010a) “Lecturas de una prospección: el poblamiento prehistórico en Villafáfila entre el Neolítico y la Edad del Hierro”, en J. Abarquero y E. Guerra (coords.) *Los yacimientos de Villafáfila en el marco de las explotaciones salineras de la prehistoria europea*, Colección Actas, Junta de Castilla y León, Valladolid: 85-118.
- Abarquero, J., Guerra, E., Delibes, G., Palomino, A. y Val, J. del (2010b) “Excavaciones en los “cocederos del sal” prehistóricos de Molino Sanchón II y Santioste (Villafáfila, Zamora)”, en J. Abarquero y E. Guerra (coords.) *Los yacimientos de Villafáfila en el marco de las explotaciones salineras de la prehistoria europea*, Colección Actas, Junta de Castilla y León, Valladolid: 119-156.
- Abarquero, J., Guerra, E., Delibes, G., Palomino, A. y Val, J. del (2010c) *Cuarenta siglos de explotación de sal en las lagunas de Villafáfila, Zamora (2500 A.C.-1500 D.C.)*, Plan Pahis-Junta de Castilla y León, Valladolid.
- Harding, A.F. (2003) *Sociedades Europeas en la Edad del Bronce*, Ariel, Barcelona
- Rodríguez Rodríguez, E. (2000) *Historia de las explotaciones salinas en las Lagunas de Villafáfila (Zamora)*. Cuadernos de Investigación Florián de Ocampo, nº 16, Zamora.
- Rodríguez Rodríguez, E., Palacios Alberti, J. y Rodríguez Alonso, M. (2009) “El Complejo lagunar de las Salinas de Villafáfila (Zamora)”, en K. Hueso y J. Carrasco (coords.) *Los paisajes ibéricos de la sal. 2. Humedales salinos de interior*, Asociación de Amigos de las Salinas de Interior, Guadalajara, pp. 127-137.
- Weller, O. (2010) “Quelques grains de sel dans la Préhistoire européenne”, en J. Abarquero y E. Guerra (coords.) *Los yacimientos de Villafáfila en el marco de las explotaciones salineras de la prehistoria europea*, Colección Actas, Junta de Castilla y León, Valladolid: 17-36.



## Los ríos salinos mediterráneos. Ecosistemas olvidados.

Josefa Velasco, Pedro Abellán, David Sánchez-Fernández, Cayetano Gutiérrez-Cánovas, Félix Pica-zo, Paula Arribas, Óscar Belmar, Daniel Bruno, José Antonio Carbonell, Susana Pallarés, Simone Guareschi y Andrés Millán

*Grupo de investigación "Ecología Acuática", Universidad de Murcia*

Los ríos salinos son ecosistemas con gran interés de conservación, cuyos valores biológicos, ecológicos y culturales deben ser reconocidos y divulgados para favorecer su preservación. El mal estado en el que se encuentran actualmente y las numerosas amenazas a las que se enfrentan son el resultado del escaso valor que nuestra sociedad concede a estos singulares ecosistemas.

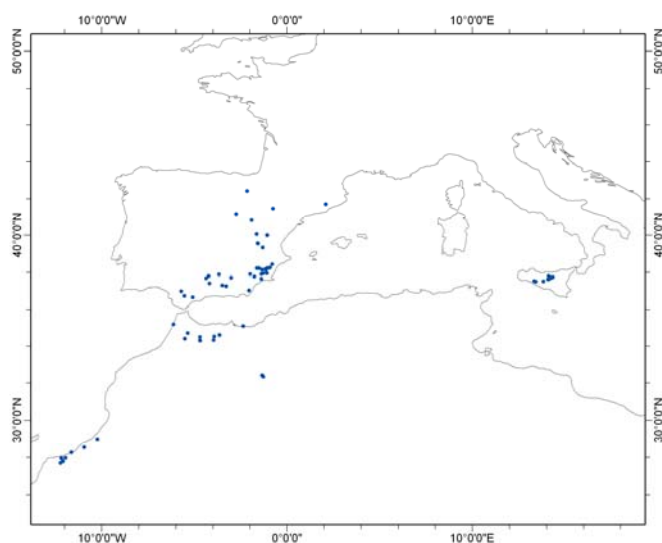


**Fig. 1:** Oued Khanoui Naam en el Parque Nacional de Khnifiss (Marruecos), uno de los ríos salinos prístinos más espectaculares.

### Origen e importancia de los ríos salinos mediterráneos

Los ríos salinos, con una concentración de sales disueltas en el agua que puede variar desde los 3 gramos por litro hasta valores cercanos a los 250 gramos por litro (en torno a siete veces la concentración del agua del Mar Mediterráneo), constituyen un tipo de ecosistema acuático muy singular y diferente en muchos aspectos a los ríos de agua dulce. Aunque los ríos salinos son raros en Europa, en las zonas áridas y semiáridas del Mediterráneo son bastante frecuentes, especialmente en el sur y sureste ibérico, en islas como Sicilia y en amplias zonas del norte de África (Fig. 2). Su salinidad se debe a la presencia de materiales evaporíticos de origen marino (principalmente halitas y yesos)

en sus cuencas de drenaje. Dichos materiales se depositaron por toda el área mediterránea como consecuencia de procesos de introgresión y regresión marina, especialmente en el Triásico (hace unos 200 millones de años) y en el Mioceno superior (hace unos 5 millones de años). Este tipo de ríos se localizan, generalmente, en cuencas pequeñas, de moderada altitud, escasas precipitaciones y elevadas temperaturas. La composición iónica de sus aguas está dominada por el cloruro sódico, pero presentan concentraciones de sulfatos muy superiores al agua de mar, variando esta concentración en función de la abundancia de depósitos de yesos en su cuenca.



**Fig. 2:** Localización de los principales ríos salinos estudiados en España, Sicilia (Italia) y Marruecos.

Muchos de estos cursos de agua han sido aprovechados desde la antigüedad, no sólo para la obtención de sal mediante la construcción de cubetas de evaporación solar (salinas) en las inmediaciones de sus cauces, sino también por las propiedades mineromedicinales de sus aguas y lodos. Sin embargo, desde el abandono, a partir de la segunda mitad del siglo XX (Fig. 3), de la mayoría de explotaciones salineras de interior por su baja rentabilidad frente a las salinas

costeras, estos ecosistemas han sido ignorados y denostados por la sociedad. A este desprecio también ha contribuido la escasa utilidad de sus recursos y su localización en paisajes áridos e improductivos. Sin embargo, el importante avance en el conocimiento de los ríos salinos generado durante los últimos años, ha puesto de manifiesto el gran interés de conservación que presentan este tipo de ecosistemas desde un punto de vista ecológico, biogeográfico y evolutivo.



**Fig. 3:** Salinas de Periago (Caravaca, Murcia) en evidente estado de abandono, junto al arroyo salino

### Biodiversidad en los ríos salinos mediterráneos: rareza y singularidad

Los ríos salinos son particularmente interesantes por la rareza y singularidad de sus comunidades biológicas. El alto contenido en sales del agua limita el número de especies que son capaces de colonizar estos medios, de manera que los ríos y arroyos salinos se caracterizan por presentar una menor riqueza de especies que los de agua dulce, riqueza que disminuye conforme aumenta la salinidad, a la par que aumenta el interés de las especies presentes. La sal actúa como una sustancia tóxica, alterando el metabolismo de los organismos expuestos, de forma que el contenido y composición de su medio interno de éstos se ve profundamente modificado por la pérdida de agua y la incorporación de iones. Por tanto, en las aguas salinas solo pueden vivir aquellas especies con mecanismos fisiológicos que les permiten mantener el equilibrio de agua e iones disueltos en sus células y tejidos (osmoconformistas y osmorreguladoras, ver cuadro 1).

### Cuadro 1: Adaptaciones fisiológicas para vivir en medios salinos

#### Especies osmoconformistas (halotolerantes):

son aquellas especies que tratan de evitar la pérdida de agua corporal igualando la concentración osmótica del medio interno a la del entorno mediante la acumulación de iones y solutos compatibles (aminoácidos, como prolina y serina, y azúcares, como trehalosa). Presentan una limitada capacidad de osmorregulación, y aunque pueden vivir en aguas salinas de diferente composición iónica, sólo son frecuentes en aguas cuya salinidad no supera los 35 g/l, es decir, próximas a la salinidad del agua de mar.

#### Especies osmorreguladoras (halófilas, halobiontes):

presentan mecanismos activos de eliminación de sales que les permiten mantener su concentración osmótica interna relativamente estable en un amplio rango de salinidades del medio externo, por lo que pueden vivir en aguas hipersalinas, soportando concentraciones de sal hasta siete veces superior a la salinidad del mar.

Las especies salinas también están adaptadas a tolerar elevadas temperaturas y bajas concentraciones de oxígeno disuelto, así como marcadas variaciones en el nivel de agua, condiciones extremas que frecuentemente imponen las sequías y avenidas típicas de los ríos mediterráneos. La adaptación de las especies al elevado estrés ambiental de los ríos salinos supone una importante ventaja ecológica y evolutiva que les permite ocupar ambientes infrautilizados por otros organismos, con menor competencia y depredación de la existente en medios con comunidades más diversas como los de agua dulce.

### Los tipos de ríos salinos mediterráneos y sus comunidades

Se pueden establecer tres tipos de ríos salinos en función de la salinidad de las aguas y las comunidades biológicas que presentan<sup>1</sup>:

- Hiposalinos: 3-20 g/l (5-30 mS cm<sup>-1</sup> conductividad) Fig. 4.
- Mesosalinos: 20-100 g/l (> 30-130 mS cm<sup>-1</sup> conductividad) Fig. 5.
- Hipersalinos: > 100 g/l (> 130 mS cm<sup>-1</sup> conductividad) Fig. 6.





**Fig. 4:** Río Chícamo (Murcia), un río hiposalino en el árido sureste ibérico incluido como LIC en la Red Natura 2000.



**Fig. 5:** Río Salado de Priego de Córdoba, un río mesosalino rodeado de cultivos de olivos.



**Fig. 6:** Rambla de Albufera (Alicante). Ejemplo de río hipersalino, donde es frecuente observar la sal precipitada en su cauce.

En el cuadro 2 aparecen los grupos de macroorganismos (plantas, invertebrados y vertebrados de tamaño superior a 1 mm) más comunes en los diferentes tipos de ríos salinos. Entre las plantas sumergidas, las especies más frecuentes en aguas hiposalinas y mesosalinas son algas, como *Cladophora glomerata*, *C. fracta*, *Enteromorpha intestinalis* y/o *Vaucheria dichotoma*, y fanerógamas como *Ruppia maritima*. En ríos hipersalinos, las comunidades vegetales quedan reducidas a un tapiz de organismos microscópicos constituido por diatomeas y cianobacterias. La vegetación de la ribera es escasa y de bajo porte, disminuyendo a medida que aumenta la concentración de sales del suelo. El carrizo (*Phragmites australis*), los juncos (*Juncus maritimus*) y los tarais (*Tamarix canariensis* y *T. boveana*) son comunes en ríos de salinidades bajas o moderadas, mientras que en ríos de mayor salinidad sólo aparecen plantas halófilas típicas de saladar, denominadas almarjos, como *Salicornia ramosissima*, *Sarcocornia fruticosa* y *Arthrocnemum macrostachyum*.

Los insectos son el grupo faunístico más representativo en los ríos salinos. Dentro de los insectos, destacan los dípteros (moscas y mosquitos), representados principalmente por ceratopogónidos, efídridos, sírfidos y estratiómidos; los coleópteros (escarabajos) representados por hidrénidos, hidrofílidos y ditíscidos; y por último los hemípteros (chinchas) siendo los corixidos la familia más representativa<sup>2</sup>.



**Fig. 7:** *Enochrus falcarius* uno de los escarabajos más comunes y de mayor interés de conservación en los arroyos salinos mediterráneos

Muchas de las especies pertenecientes a estas familias son interesantes desde el punto de vista biogeográfico, ya que presentan rangos de distribución restringidos, siendo frecuentes las especies endémicas del SE Ibérico, de Sicilia o del norte de África, así como las disyunciones mediterráneas como el coleóptero *Enochrus falcarius* (ver Fig. 7).

La disposición muy fragmentada de los ríos salinos ha favorecido la evolución de las especies de forma aislada (especiación alopátrica), generando altos niveles de diferenciación genética en las poblaciones. Un ejemplo es *Ochthebius glaber* (Fig. 8), un pequeño escarabajo endémico de la mitad sur de la Península Ibérica, típico de arroyos hipersalinos de interior, que puede vivir a salinidades cercanas a los 250 g/l y que presenta un elevado grado de divergencia genética entre las poblaciones de las distintas cuencas hidrográficas que ocupa (Segura, Júcar y Guadalquivir), hasta el punto de ser consideradas unidades genéticas de conservación independientes<sup>3</sup>. En este sentido, la alta singularidad fisiológica, ecológica y genética de gran parte de las especies de macroinvertebrados que pueblan los ríos salinos les otorga un alto interés de conservación. Este interés se ha puesto de manifiesto recientemente a través de la propuesta formal de varias de estas especies para su inclusión en las listas rojas regionales, nacionales e internacionales de especies amenazadas<sup>4</sup>.

Dentro de los vertebrados, son pocas las especies capaces de vivir de forma habitual en estos medios. Destaca la presencia puntual del fartet (*Aphanius iberus* (Valenciennes 1846)) y el salinete (*Aphanius baeticus* Doadrio, Carmona & Fernandez-Delgado 2002), peces endémicos ibéricos, y algunas aves limícolas, especialmente la cigüeñuela (*Himantopus himantopus* Linnaeus 1758), la avoceta (*Recurvirostra avoceta* Linnaeus 1758) y el chorlito chico (*Charadrius dubius* Scopoli 1786), todas ellas incluidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.

**Cuadro 2:** Listado de las especies de plantas y macroinvertebrados acuáticos más comunes en los diferentes tipos de ríos salinos mediterráneos. La salinidad se indica en gramos por litro (g/l).

	Hipo-salinos 3-20 g/l	Meso-salinos >20- 100 g/l	Hiper-salinos >100 g/l
<b>PLANTAS SUPERIORES SUMERGIDAS</b>			
<i>Potamogeton pectinatus</i> Linnaeus	X		
<i>Ruppia maritima</i> Linnaeus	X	X	
<i>Ruppia drepanensis</i> Tineo Linnaeus	X		
<i>Zannichellia pedunculata</i> Reich	X		
<b>ALGAS</b>			
<i>Vaucheria dichotoma</i> Agardh	X		
<i>Vaucheria sescuplicaria</i> Christensen	X		
<i>Vaucheria thureti</i> Woronin	X		
<i>Chara canescens</i> Desv. & Lois	X		
<i>Chara globularis</i> Thuill	X		
<i>Chara hispida</i> Linnaeus	X		
<i>Chara polyacantha</i> A. Br. in Braun	X		
<i>Chara vulgaris</i> Linnaeus	X		
<i>Tolypella glomerata</i> (Desv.) Leonh	X		
<i>Cladophora fracta</i> (Müller) Kützinger	X	X	
<i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kuetzing	X	X	
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i> (Kütz.) Shockm	X		
<i>Enteromorpha flexuosa</i> (Wulfen) J. Agardh	X		
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Link	X	X	
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steudel	X		
<i>Scirpus holoschoenus</i> Linnaeus	X		
<i>Juncus maritimus</i> Lam.	X		
<i>Tamarix canariensis</i> Willd	X		
<i>Tamarix boveana</i> Bunge	X	X	
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> (Moric.) Moris		X	X
<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pallas) M. Bieb		X	X
<i>Sarcocornia fruticosa</i> (Linnaeus) A. J. Scott		X	X
<i>Salicornia ramosissima</i> J. Woods		X	X
<b>MACROINVERTEBRADOS</b>			
<b>OLIGOQUETOS</b> (lombrices)			
<b>TUBIFÍCIDOS</b>			
<i>Tubifex tubifex</i> (Muller 1774)	X		
<b>MOLUSCOS</b>			
<b>HIDRÓBIDOS</b>			
<i>Potamopyrgus antipodarum</i> (J.E. Gray 1843)		X	
<i>Mercuria emiliana</i> (Paladilhe 1869)	X		



**Cuadro 2 (cont.):** Listado de las especies de plantas y macroinvertebrados acuáticos más comunes en los diferentes tipos de ríos salinos mediterráneos. La salinidad se indica en gramos por litro (g/l).

	Hipo-salinos 3-20 g/l	Meso-salinos >20- 100 g/l	Hiper-salinos >100 g/l
<i>FISIDOS</i>			
<i>Physella accuta</i> (Draparnaud 1805)	X		
<i>ARTROPODOS</i>			
<i>CRUSTÁCEOS</i>			
<i>ANFÍPODOS</i> (Pulgas de Agua)			
<i>GAMMARIDOS</i>			
<i>Echinogammarus obtusidens</i> Pinkster & Stock 1972	X		
<i>Echinogammarus lochites</i> Margalef 1956	X		
<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov 1931)	X		
<i>ISOPODOS</i> (Cochinillas de Agua)			
<i>ESFAEROMÁTIDOS</i>			
<i>Lekanesphaera hookeri</i> (Leach, 1814)		X	
<i>ARACNIDOS</i>			
<i>HIDRÁCAROS</i> (Ácaros acuáticos)			
<i>Diplodontus semiperforatus</i> (Walter 1995)	X		
<i>Hydryphantes flexuosus</i> (Koenike 1855)	X	X	
<i>Ignacarus salarius</i> Gerecke, 1999			X
<i>Nilotonia parva</i> Walter, 1931	X		
<i>INSECTOS</i>			
<i>EFEMERÓPTEROS</i> (Efímeras)			
<i>BAETIDOS</i>			
<i>Cloeum schoenemundi</i> Bengtsson 1936	X		
<i>CAENIDOS</i>			
<i>Caenis luctuosa</i> (Burmeister 1839)	X		
<i>ODONATOS</i> (Libélulas y Caba-litos del Diablo)			
<i>COENAGRIÓNIDOS</i>	X		
<i>GÓMFIDOS</i>	X		
<i>LIBELLÚLIDOS</i>	X		
<i>HEMÍPTEROS</i> (Chinches)			
<i>NAUCÓRIDOS</i>			
<i>Naucoris maculatus</i> Fabricius 1789	X		
<i>NÉPIDOS</i>			
<i>Nepa cinerea</i> Linnaeus 1758	X		
<i>VÉLIDOS</i>			
<i>Microvelia pygmaea</i> (Dufour 1833)	X		
<i>CORÍXIDOS</i>			
<i>Sigara selecta</i> (Fieber 1848)	X	X	
<i>Sigara stagnalis</i> (Leach 1818)	X	X	
<i>Sigara lateralis</i> (Leach 1818)	X		
<i>Sigara scripta</i> (Rambur 1842)	X		

	Hipo-salinos 3-20 g/l	Meso-salinos >20- 100 g/l	Hiper-salinos >100 g/l
<i>Micronecta scholtzi</i> (Fieber 1851)	X		
<i>Heliocoris vermiculata</i> (Puton 1874)	X		
<i>NOTONÉCTIDOS</i>			
<i>Notonecta maculata</i> Fabricius 1794	X		
<i>Notonecta viridis</i> Delcourt 1909	X		
<i>PLEIDOS</i>			
<i>Plea minutissima</i> Leach 1817	X		
<i>GERRIDOS</i>			
<i>Gerris thoracicus</i> Schummel 1832	X		
<i>HIDROMÉTRIDOS</i>			
<i>Hydrometra stagnorum</i> (Linnaeus 1758)	X		
<i>MESOVÉLIDOS</i>			
<i>Mesovelia vittigera</i> Horváth 1895	X		
<i>TRICÓPTEROS</i> (Frigáneas)			
<i>HIDROPSICHIDOS</i>	X		
<i>LIMNEFÍLIDOS</i>	X		
<i>DÍPTEROS</i> (Moscas y Mosqui-tos)			
<i>CERATOPOGÓNIDOS</i>	X	X	X
<i>QUIRONÓMIDOS</i>	X	X	
<i>CULÍCIDOS</i>	X		
<i>DOLICOPÓDIDOS</i>	X	X	
<i>EFIDRIDOS</i>		X	X
<i>PIYCÓDIDOS</i>	X		
<i>SIMÚLIDOS</i>	X		
<i>ESTRATIÓMIDOS</i>	X	X	X
<i>SÍRFIDOS</i>	X	X	X
<i>TABÁNIDOS</i>	X		
<i>COLEÓPTEROS</i> (Escarabajos)			
<i>HALIPLIDOS</i>			
<i>Haliphus lineatocollis</i> (Marshall 1802)	X		
<i>DITÍSCIDOS</i>			
<i>Agabus ramblae</i> Millán & Ribe-ra 2001	X		
<i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer 1774)	X		
<i>Hydroporus normandi</i> Régim-bart 1903	X		
<i>Nebrioporus baeticus</i> (Schaum 1864)	X	X	
<i>Nebrioporus cersyi</i> (Aubé 1838)	X	X	
<i>Nebrioporus nemethi</i> (Guignot, 1950)	X	X	
<i>Trichonectes otini</i> (Guignot, 1941)		X	
<i>Herophydrus musicus</i> (Klug 1833)	X		
<i>Bidessus minutissimus</i> (Germar 1824)	X		
<i>Herophydrus musicus</i> (Klug 1833)	X		

**Cuadro 2 (cont.):** Listado de las especies de plantas y macroinvertebrados acuáticos más comunes en los diferentes tipos de ríos salinos mediterráneos. La salinidad se indica en gramos por litro (g/l).

	Hipo-salinos 3-20 g/l	Meso-salinos >20- 100 g/l	Hiper-salinos >100 g/l
<b>HIDROFÍLIDOS</b>			
<i>Berosus hispanicus</i> Küster 1847	X	X	
<i>Berosus affinis</i> Brullé 1835	X		
<i>Laccobius moraguesi</i> Régimbart 1898	X		
<i>Laccobius pommay</i> Bedel, 1881	X	X	
<i>Enochrus politus</i> (Küster 1849)	X	X	
<i>Enochrus politus</i> (Küster 1849)	X	X	
<i>Paracymus aeneus</i> (Germar 1824)		X	
<b>HIDRÉNIDOS</b>			
<i>Ochthebius andalusicus</i> Jäch & Castro 1999		X	X
<i>Ochthebius auropallens</i> Fairmaire 1879	X		
<i>Ochthebius corrugatus</i> Rosenhauer 1856		X	X
<i>Ochthebius cuprescens</i> Guillebau 1893	X	X	
<i>Ochthebius delgadoi</i> Jäch 1994	X	X	
<i>Ochthebius gerecke</i> Jäch, 1993		X	X
<i>Ochthebius glaber</i> Montes & Soler 1988		X	X
<i>Ochthebius montesi</i> Ferro, 1984	X		
<i>Ochthebius lanarotís</i> Ferro, 1985		X	X
<i>Ochthebius pilosus</i> Walzl, 1835	X	X	
<i>Ochthebius quadrifossulatus</i> Walzl 1835	X	X	
<i>Ochthebius salinator</i> Peyerimhoff, 1924		X	X
<i>Ochthebius silfverbergi</i> Jäch, 1992	X	X	
<i>Ochthebius tudmirensis</i> Jäch 1997	X	X	
<b>HELOFÓRIDOS</b>			
<i>Helophorus</i> ( <i>Rhopalhelophorus</i> ) <i>fulgidicollis</i> (Motschuslky 1860)	X	X	
<b>DRIÓPIDOS</b>			
<i>Dryops gracilis</i> (Karsch 1881)	X		

## Redes tróficas y funcionamiento de los ríos salinos mediterráneos

A medida que aumenta la salinidad del agua en estos ambientes, disminuye el número de especies y las redes tróficas (redes de relaciones alimenticias) se hacen más sencillas. A salinidades moderadas, la red trófica está compuesta básicamente por tres niveles: productores, herbívoros y depredadores. Por encima de los 100 g/l las cadenas tróficas son simples y lineales,

siendo raras las especies depredadoras. Y por encima de los 150 g/l la red trófica se simplifica todavía más, organizándose en sólo dos niveles tróficos: productores primarios y herbívoros. Cuando se alcanzan valores cercanos o superiores a los 250 g/l, los ríos salinos están constituidos básicamente por bacterias foto y quimiosintetizadoras.

A pesar de la baja riqueza de especies, los ríos salinos son de los ecosistemas acuáticos más productivos del Mediterráneo debido a los altos niveles de temperatura, luz y nutrientes que presentan, lo que permite elevadas tasas de producción primaria durante todo el año. La cantidad de biomasa generada por la alta producción primaria posibilita el mantenimiento de una abundante presencia de consumidores, que a su vez sirve de alimento a una gran variedad de organismos terrestres (aves, reptiles, anfibios, insectos, arácnidos, etc.) que acuden a alimentarse en las orillas de estos medios. Por tanto, los ríos salinos son fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres adyacentes, cuya producción está limitada por la falta de humedad y las elevadas temperaturas en verano.

## Principales amenazas

A pesar de su gran interés de conservación y su rareza en un contexto europeo, los ríos salinos al igual que los de agua dulce, están sujetos a intensas perturbaciones humanas. Aunque los ríos salinos presentan una alta capacidad de amortiguación ante las perturbaciones ya que sus habitantes han desarrollado adaptaciones ecológicas frente a cambios ambientales extremos, las perturbaciones intensas y crónicas pueden dar lugar a cambios drásticos y permanentes en su estructura y funcionamiento, provocando la pérdida de los valores naturales de estos ecosistemas tan singulares.

La agricultura es la actividad humana que ejerce una mayor presión, provocando impactos en la hidrología natural y en los niveles naturales de salinidad y nutrientes de los ríos salinos. El modelo de producción agrícola, en buena parte del área mediterránea, ha cambiado en los últimos 50 años, produciéndose una transformación de cultivos de secano diversificados a monocultivos intensivos de regadío.



La proliferación de cultivos de regadío en zonas adyacentes a los ríos salinos ha generado un aumento en la entrada difusa (sin una localización precisa) de agua dulce y nutrientes a estos cauces, dando lugar a una disminución gradual de la salinidad natural y a un aumento de la eutrofización del agua<sup>5</sup>. Dichas entradas están provocando la proliferación de algas filamentosas (ovas) y un aumento en la riqueza de especies. Este efecto, aunque *a priori* se pueda considerar como positivo, origina un aumento importante de las especies más banales y oportunistas (con escaso interés de conservación), a costa de la reducción o eliminación de las especies halófilas (especialistas) lo que, en conjunto, supone una importante pérdida de biodiversidad a nivel global<sup>6</sup>. A largo plazo, además, los procesos de dilución crónicos pueden dar lugar a cambios drásticos en el funcionamiento del ecosistema, produciéndose una considerable pérdida de la capacidad productiva de los mismos, debido a fenómenos de anoxia en los sedimentos ocasionados por la gran acumulación de materia orgánica muerta y la disminución de productores primarios y consumidores.

Otros impactos provienen de la modificación de los cauces por la extracción de áridos y canalizaciones, la alteración del régimen natural de caudales por la construcción de presas de laminación de avenidas, la sobreexplotación de acuíferos, el vertido de residuos sólidos y líquidos, el pastoreo y la introducción de especies exóticas, como por ejemplo la gambusia (*Gambusia holbrooki*). A este listado de amenazas se une el cambio climático global, que puede resultar en un aumento de temperatura y una disminución de las precipitaciones en las áreas mediterráneas, ocasionando en los ambientes salinos una importante reducción del hábitat disponible para muchas especies. En un hipotético escenario futuro, nos encontraríamos con ríos salinos más calidos y probablemente más dulces, como consecuencia de la creciente presión agrícola. Se ha demostrado que la exposición a reducidas salinidades influye en la tolerancia térmica y la capacidad de aclimatación de insectos típicos de medios salinos, por lo que en el escenario planteado, la reducción en los niveles de salinidad natural podría comprometer la capacidad fisiológica

de las especies para hacer frente a altas temperaturas<sup>7</sup>.

### Conservación y gestión

Los ríos salinos mediterráneos contienen varios hábitats de interés comunitario (Directiva Hábitats, 92/43/CEE, 1992) como son las marismas y pastizales salinos atlánticos y mediterráneos (1310, 1410, 1420, 1430) y las estepas continentales halófilas y gipsícolas (1510 y 1520), estos últimos de interés prioritario. Sin embargo, la red Natura 2000 falla en la protección de los ríos salinos<sup>4</sup>. Sistemas tan interesantes como las salinas y arroyos de La Maturra (Córdoba) y Porcuna (Jaén), las ramblas salinas de Aguamarga, Alcantarilla, Librilla y Sangonera (Murcia) o el barranco salado de Mendavia (Navarra) se encuentran totalmente fuera de la red Natura 2000<sup>4</sup>.

Recientemente, gracias al aumento del conocimiento de las especies de macroinvertebrados en medios salinos, se han incluido en listas rojas de especies amenazadas dos escarabajos acuáticos: *Ochthebius montesi* y *Ochthebius glaber* (Fig. 8); y un escarabajo terrestre: *Cicindela deserticoloides* (Codina 1931).



**Fig. 8:** *Ochthebius montesi* (izquierda) y *O. glaber* (derecha), dos especies de escarabajos acuáticos amenazadas en España

Dichas especies están en peligro de desaparición debido a su limitada distribución geográfica, elevada especificidad de hábitat así como a la alta fragmentación de dichos hábitats. Actualmente, aunque todavía ninguna de ellas se ha incluido en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, *O. glaber* y *C. deserticoloides*

están consideradas como especies vulnerables a nivel nacional y *O. montesi* como especie en peligro en el Atlas de los invertebrados amenazados de España<sup>8</sup>. Con las mismas categorías de amenaza se encuentran *O. glaber* y *O. montesi* en el Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía<sup>9</sup>. En el cuadro 3 aparecen las principales especies propias de los ríos salinos incluidas o propuestas para su inclusión en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y en otros catálogos similares.

**Cuadro 3:** Principales especies y hábitats ibéricos salinos protegidos. LRIE: Libro Rojo de los Invertebrados de España; CNEA: Catálogo Nacional de Especies Amenazadas de España (Real Decreto 439/90); DA: Anexo 1 de la Directiva Aves (79/409/EEC) y DH: Anexo 1 de la Directiva Hábitats (92/43/EEC).

Especies	LRIE	CNEA	DA	DH
<i>Aphanius baeticus</i>		X		X
<i>Aphanius iberus</i>		X		X
<i>Himantopus himantopus</i>		X	X	
<i>Recurvirostra avosetta</i>		X	X	
<i>Charadrius dubius</i>		X		
<i>Ochthebius glaber</i>	X			
<i>Ochthebius montesi</i>	X			
<i>Cicindela deserticoloides</i>	X			
<b>Habitats</b>				
Estepas Continentales Halófilas y Gipsíferas				X
Marismas y Pastizales Salinos Atlánticos y Mediterráneos				X

Sin embargo, medidas pasivas de conservación y gestión como la inclusión de especies en listas rojas o catálogos, o la incorporación de los ríos salinos de mayor interés a la red de espacios protegidos, no son suficientes para frenar las numerosas amenazas a las que se enfrentan estos medios, más aún cuando los procesos que los alteran ocurren a escala de cuenca, más allá de los límites del área protegida. Por tanto, medidas de gestión a nivel de cuenca, como el control de la expansión de cultivos de regadío en zonas colindantes a las áreas protegidas y el mantenimiento de un régimen ambiental de caudales son indispensables para la conservación de los ríos salinos.

Por último, merece la pena destacar que la aplicación de la Directiva Marco del Agua no ha considerado la mayor parte de estos ríos como masas de agua (unidades de gestión) dada su pequeña extensión, quedando por tanto fuera del objetivo de alcanzar el "buen estado ecológico" para el año 2015. Esta situación supone un riesgo importante para la preservación de estos ecosistemas. Además, los índices biológicos más utilizado para determinar la calidad ecológica de los ríos españoles (IBWMP-Iberian Biological Monitoring Working Party y QBR-Calidad del Bosque de Ribera) están basados en las familias de macroinvertebrados y composición y estructura de la vegetación de ribera respectivamente, presentes en aguas dulces, por lo que no resultan apropiados para la evaluación del estado ecológico de los ríos salinos, sin bosque de ribera y con una composición de familias y patrones de riqueza de macroinvertebrados muy diferentes. Es necesario por tanto, el desarrollo y aplicación de otros índices biológicos basados en los patrones ecológicos que representen las particulares características de los ríos salinos (baja riqueza de especies, predominancia de dípteros, coleópteros y hemípteros, y presencia de especies halotolerantes y halófilas), como por ejemplo SALINDEX, un índice desarrollado para ríos y humedales salinos del sureste ibérico (10) y apropiado para la evaluación y seguimiento de su estado ecológico.

## Bibliografía

- (1) Arribas, P., Gutiérrez-Cánovas, C., Abellán, P., Sánchez-Fernández, D., Picazo, F., Velasco, J., Millán, A., 2009. Tipificación de los ríos salinos ibéricos. *Ecosistemas* 18, 1-13.
- (2) Millán, A., Velasco, J., Gutiérrez-Cánovas, C., Arribas, P., Picazo, F., Sánchez-Fernández, D. & Abellán, P. 2011. Mediterranean saline streams in south-east Spain: What do we know? *Journal of Arid Environments*. En prensa.
- (3) Abellán, P., Gómez-Zurita, J., Millán, A., Sánchez-Fernández, D., Velasco, J., Galián, J., Ribera, I., 2007. Conservation genetics in hypersaline inland waters: mitochondrial diversity and phylogeography of an endangered Iberian beetle (Coleoptera: Hydraenidae). *Conservation Genetics* 8, 79-88.
- (4) Sánchez-Fernández, D., Bilton, D., Abellán, P., Velasco, J., Ribera, I., Millán, A., 2008 Are the endemic water beetles of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands effectively protected? *Biological Conservation* 141, 1612-1627.

(5) Sánchez-Fernández, D., Abellán, P., Velasco, J., Millán, A., 2004. Selecting areas to protect the biodiversity of aquatic ecosystems in a semiarid Mediterranean region. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14, 465 - 479.

(6) Velasco, J., Millán, A., Hernández, J., Gutiérrez, C., Abellán, P., Sánchez, D., Ruiz, M., 2006. Response of biotic communities to salinity changes in a Mediterranean hypersaline stream. *Saline Systems* 2(12), 1-15.

(7) Sánchez-Fernández, D., Calosi, P., Atfield, A., Arribas, P., Velasco, J., Spicer, J.I., Millán, A., Bilton, D.T., 2010. Reduced salinities compromise the thermal tolerance of hypersaline specialist diving beetles (Coleoptera, Dytiscidae). *Physiological Entomology* 34, 265-373.

(8) Verdú, J.R., Numa, C., Galante, E. 2011. Atlas y Libro Rojo de los Invertebrados Amenazados de España. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

(9) Barea-Azcón, J., Ballesteros-Duperón, E. Moreno, D. 2008. Libro rojo de los invertebrados de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla.

(10) Gutiérrez-Cánovas, C., Velasco, J., Millán, A., 2008. SALINDEX: a macroinvertebrate index for assessing the ecological status of saline "ramblas" from SE of the Iberian Peninsula. *Limnetica* 27, 299-316.



**Autores:** Componentes del grupo de investigación "Ecología Acuática" de la Universidad de Murcia. De izquierda a derecha y en la fila de atrás: Pedro Abellán, Paula Arribas, José Antonio Carbonell, Félix Picazo, Daniel Bruno, Simone Guarechi, Óscar Belmar; en la fila de delante, Andrés Millán (investigador principal), Susana Pallarés, Josefa Velasco, David Sánchez y Cayetano Gutiérrez. El grupo de Ecología Acuática ha desarrollado numerosos estudios sobre la ecología y conservación de ecosistemas acuáticos mediterráneos, especialmente de ríos salinos.

### La sal, ¿producto minero o agrícola? (cont.)

En el número anterior de El Alfolí, citábamos el reconocimiento que hacía el gobierno francés de la sal artesanal del Atlántico como sal de calidad alimentaria. La ley permite que ésta tenga una pureza máxima de cloruro sódico del 94% y no del 97% como viene marcando la normativa en España y en otros países, merced a lo establecido en el *CODEX Alimentarius* sobre la sal. Nuestro lector y amigo Antonio Cunha Bento nos indica amablemente que en Portugal también hay normativa reciente sobre la sal de uso alimentario que reconoce la sal tradicional, es decir, recogida manualmente y sin refinar (*Decreto-Ley 350/2007, de 19 de Octubre y Decreto 72/2008, de 23 de Enero*). Tal como sucedía en Francia, su comercialización había estado prohibida hasta la fecha. La normativa establece un grado de pureza del 94% para la sal marina y del 97% para la sal de manantial.

En España la sal alimentaria está regulada por el *Real Decreto 1424/1983 de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la obtención, circulación y venta de sal y salmueras comestibles*. Tan sólo en Canarias, con el impulso de la Asociación Sal de Canarias, se han hecho esfuerzos por desclasificar la extracción de la sal manual del régimen general de las actividades mineras. Para ello, el Gobierno de Canarias ha redactado un borrador de norma jurídica similar a las recientemente establecidas en Francia y Portugal, que integra los requerimientos que el sector de las salinas manuales o tradicionales necesita para evitar el ahogo económico y el posterior abandono de la actividad. Dicho borrador se justifica con argumentos como "la actividad de la extracción de la sal mediante el empleo de métodos tradicionales se encuentra comprendida y sujeta a los requerimientos de la actividad industrial, bajo el mismo manto jurídico que la extracción de minerales .... cuya ejecución produce un resultado territorial opuesto por completo al resultado de la extracción de la sal marina". Nuestra asociación no puede estar más de acuerdo y espera que pronto se apruebe dicho documento legal. Para saber más, véase:

[http://www.salinasdecanarias.com/docs/bases\\_normativas\\_t3.pdf](http://www.salinasdecanarias.com/docs/bases_normativas_t3.pdf)



# Culture(s) and the Old Salt Lake (California)

Galen Hunter

This article is about the “Old Salt Lake” in Southern California. A salt lake existed in Redondo Beach on the land now occupied by a power plant and harbor. The lake was known as a significant source of salt and the area immediately surrounding the lake was known as a source of fresh water. The site was used over thousands of years by several cultures of people.

For the first time, a technical account is offered about how the Old Salt Lake worked - leading to a conclusion about whether restoration is possible. Old geological and hydrological records were obtained and analyzed. The record of the people at the site has been researched. The result presented here in brief, shows the Old Salt Lake as a remarkable instance of cultural and historical patterns involving human complexity, ecological footprint and use of energy. Complexity at the site begins early in the American period.

Many cultures of people used the Old Salt Lake for salt consumption and trading purposes. Each used the same simple technique (solar evaporation) to get the salt because the technique has a high energy efficiency ratio.

Cultures using the site<sup>2</sup>:

- [Early Horizon (variously dated between ca. 9000-6000 and 6000-3000 B.P.)]
- [Middle Horizon (between ca. 6000-3000 and 4000-500 B.P.)]
- [Upper Horizon (between ca. 4000-500 B.P. and 2000 B.P.-A.D. 1100)]
- Tongva
- Spanish
- Mexican/Californian
- American
- ...

In 1937, an American anthropologist wrote: *“Indian tradition has it that long ago, before the advent of Spanish Conquestadores, the salt marsh near the present city of Redondo Beach, California, was the location of a large Indian village, and the source of much of the salt used by the Indians. The name of the place is not as yet a positive fact, but it is thought that it was called Engva, Ongoving or perhaps Unavngna. The place name Unavngva is probably the most correct. It is said to mean “the place of the salt”. Up until about four years ago the evidence for the site could still be found around the marsh. There were parts of shell, rocks, and sometimes parts of stone artifacts. It was a good place to live because there was a supply*



Fig. 1: 1932 Aerial photo of lake<sup>1</sup>



Fig. 2: 1970's Aerial photo w/ lake footprint outlined<sup>3</sup>

*of fresh water on the west side of the marsh, and many sea birds must have come there. Also because of the salt content of the water of the marsh proper it was doubly important. The Indians probably gathered the salty crust near the edges of the marsh, and if we may judge by the practices of the later people, they probably molded it into balls and traded it up and down the coast and to the inland area where salt was hard to obtain.*

*After the Spanish came in to this country the importance of the marsh at Redondo was not realized At first salt seems to have been imported from Mexico. In 1815 the people of the Los Angeles area started the practice of sending men into the Colorado Desert to obtain salt from the Salton Sea. Every year these details would cross into the desert in the spring, be gone about a month obtaining the salt supply for the coming year. This continued until the foreigners were allowed by the Mexican government to come into California and settle. With this more liberal spirit many skilled men came in, and started to investigate the natural resources. Soon all of the more common articles were being produced in Southern California rather than transported from Mexico. Along with the other natural resources the importance of the Salt Marsh was recognized. ... "*  
Farmer, 1937<sup>4</sup>



**Fig. 3:** Historical and archaeological sites indicated (with rain catchment areas outlined).

A benefit the solar evaporation technique provided over great amounts of time at the Old Salt Lake was a low ecological footprint. New cultures at the salt lake were able to exploit the biological, chemical, physical, geological (and other attributes) capacities of the saline lake - with the same high efficiency as previous cultures. It's possible to measure this process in terms of energy. The energy returned on energy invested (EROEI) ratio of the solar evaporation technique across all cultures was high. Perhaps 100:1. A high EROEI ratio results in a low ecological footprint.

Once the Americans commercialized the site, with a nearby and relatively inexpensive energy source to exploit (wood then oil), each strategic act taken at the historic location (with one notable exception) involved increasing complexity. The instance of this pattern began when American merchants Johnson & Allanson organized the Pacific Salt Works Company there on December 15, 1854. They utilized state-of-the art boilers to accelerate the evaporation process and increase production.

In 1856, a State agricultural journal wrote: "*Wednesday, Aug. 27th, in company with Mr. H. S. Allanson, visited the Pacific Salt Works owned by Johnson, Allanson & Brent. Their entire claim is one thousand yards by a little over half a mile. The lake itself, from the waters of which the salt is manufactured, is about 130 by 500 yards. This lake is situated on the coast, ten miles northwest of San Pedro, and sixteen miles southwest from Los Angeles. Forty-eight huge kettles are used for boiling the salt, which is pumped up from the lake, the salt being removed and new water pumped in as fast as required. After being in use for ten days, two or three days are occupied in chopping off the refuse salt which incrusts the kettles. One cord of wood will boil a ton of salt. Over five tons per day are manufactured by boiling. There are also six vats, about fourteen feet square, for producing suit by solar evaporation. These afford an excellent quality of coarse salt, for packing purposes. From the middle of August to the middle of October, or the setting in of the rain, the salt forms in large crystals upon the bottom of the lake, to the depth of about three inches. This, though not so clean, is*



*readily sold at one at dollar per bundled pounds, delivered on the bottom of the lake. Good fresh water is obtained abundantly from the wells dug within ten feet of the margin of the lake. The western shore of the pond is about 300 yards from the sea beach, from which it is separated by a sand-ridge about twenty feet high. The surface of the lake is about six feet above high-water mark. Its depth in summer from one to three feet; its greatest depth, in winter, five feet. The water is supplied from springs beneath the surface, near the coast side of the lake.*"<sup>5</sup>

In 1859, the salt works company under the original organizers went bankrupt. Production of salt continued under the management of the works by Ariel M. Hazard. During the months of August and September in 1859, "47,500 pounds of solar and lake salt" was delivered to the new owner Henry Mellus<sup>6</sup>.



**Fig. 4:** Henry Mellus, a native of Boston, Mass., came to California in 1835<sup>7</sup>.



**Fig. 5:** Anita Johnson, the wife of Henry Mellus and John B. Trudell. Daughter of Englishman James (Don Santiago) Johnson and Doña Maria del Carmen Giurado of Sonora. She raised two large families in Los Angeles<sup>8</sup>.

Henry Mellus, who was born in Boston, Mass. in 1816, obtained ownership of the salt works from Johnson & Allanson during the works bankruptcy proceedings. Mellus continued its operations, though ending the use of boilers and concentrating production using the solar evaporation technique. His action ending the use of the boilers is the one exception to the pattern of ever increasing complexity at the Old Salt Lake site during the American period.

In December of 1860, Mellus died without a will and also while in office as Mayor of Los Angeles. His wife Anita (born in Sonora, Mexico ca. 1828) became administrator of Henry's estate. Anita re-married the well-connected French Canadian John B. Trudell in 1861 and they continued production at the salt works and Henry Mellus's idea of sole use of the solar evaporation technique. In 1879 four hundred and fifty tons were produced (6). The extracted salt was taken to Los Angeles from the works on the wagon trail called the Old Salt Road and prepared for market in the Trudell-owned salt mill. The Trudell's were well known for producing salt of all grades for Los Angeles County.



**Fig. 6:** 1875 map (detail)<sup>9</sup>

In 1881, production of salt at the site nearly ceased. Transportation technology advances (the railroad) coupled with access to inexpensive energy - decreased transportation costs, and it became less expensive to get salt from sources of greater distance than simply maintain the local production. Soon, the Old Salt Lake site becomes the unused property of The



New Liverpool Salt Company, owners of the Salton Sea salt works. In 1897, an electrical power plant company called Pacific Light and Power is established near the north end of the lake. Effectively, the lake's days were numbered.

By the 20th century, while the lake was still physically there, no record is found of anyone in the problem solving situation discussing the strategic cultural importance of maintaining a local salt base. Maintaining a local salt base is important when energy availability declines and having a local source of salt to trade with provides advantages. Instead, attention on the spot was focused on increasing its complexity by: a) solving the problem of building a harbor there and, b) solving the problem of expanding the capacity of the power plant there. The Old Salt Lake itself as a source of salt was discussed as a problem in terms of having no value. In 1946, the jurisdiction vacated the lake property to the power plant owners (Southern California Edison Company) and also agreed to the owners request to allow them to place two fuel storage tanks (each containing 100,000 barrels of oil) where the lake once was. The Old Salt Lake was drained, landscaped and replaced with artificial fill.



Fig. 7: 2003 Geological Survey (detail), artificial fill (af)<sup>10</sup>

Today the lake property has on it "*a hazardous waste storage area, six aboveground storage tanks, one underground aqueous ammonia storage tank, two underground storage tanks, (one containing unleaded gasoline, and the other containing diesel fuel), one resin tank,*

*three retention basins, one transformer switch yards, and eight generating units.*"<sup>11</sup> What apparently remains of the lake is the footprint of the oil tanks which replaced it. Even the original geotechnical records, required for the construction of the oil tanks and power plant built up there in 1946 through 1968, no longer exist. The investigation for the records indicates those documents were destroyed by Southern California Edison soon after Edison sold the power plant to an international energy company (AES) in 1996.

Those geotechnical records (boring core data, soil surveys, hydrological work, landscaping records, cross-sectionals of the substrata, etc.) were produced by the giant engineering firm Stone & Webster who Edison hired to design and build the current version of the power plant there. Those geotechnical records would be helpful now for analyzing the older, original problem of the place being what was the source of the salt in the lake and the relation of that source with the fresh water which immediately surrounded the lake. People, for the longest time, marveled at the fact the salt lake was circled by fresh-water springs, including on the ocean side.

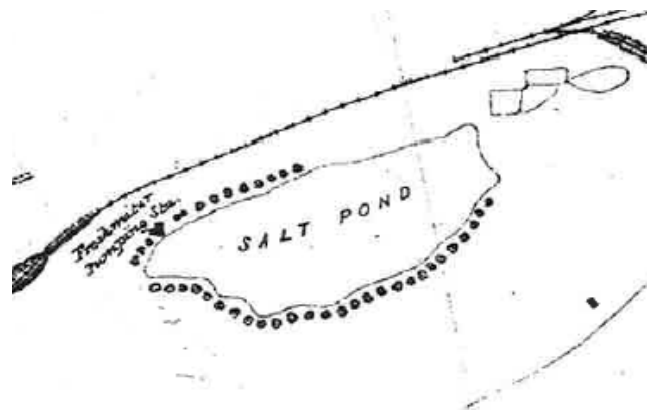


Fig. 8: 1893 Geodetic Survey (detail), showing "Fresh-water Pumping Sta." and wells around the Old Salt Lake<sup>12</sup>

The appreciation of the place is perfectly echoed in an local history essay written into the 1960 Redondo Beach Union High School yearbook – a portion of which is excerpted here: "*Why should this lagoon, 200 yards long, set back from the Pacific more than a city block and higher by six to eight feet, fed by bubbling springs along its western shore and not the ocean (unless subterraneously?) at all be so*

*salty? And, strangest riddle of all, why should this brackish bay, ten times the salinity of the ocean, have fresh water wells a scant twenty yards away?*

*Indians first wondered at it as they evaporated water from the salina in huge earthen bowls, utilizing the rays of the sun; Mexican paisanos speculated, idling in the shade while solar evaporation worked for them, or as they boiled salina in kettles over open hearths to extract the rough white crystals; laborers for Johnson & Allanson (1852-1855) and the Melluses, husband and wife (1855-60; (1860-82)?, must have wondered, Geologists undoubtedly have the scientific explanation, but they have kept it secret. ...*

*Then, in 1907, the Pacific light and Power Company began its first plant, utilizing thousands of moonstones and three million dollars. In 1910 the plant was completed, and salt, through the strange alchemy effected by time and change, had been converted to power. Where are the buried springs of yesteryear?"<sup>13</sup>*

Around 450 B.P. in Greece, a person named Zeno of Elea, articulated a set of riddles or contradictions. These contradictions came to be known as Zeno's Paradoxes. People discussed how to resolve the contradictions. For instance, Socrates used one of Zeno's paradoxes as the source of his method to discover truth. Soon, the methods derived from discussing the contradictions became a profession in itself and used by the first lawyers. Schools formed to teach the art. Aristotle wrote books about the practical situations the contradictions represented. Books about Biology, Politics, Ethics, Rhetoric and Physics. The first scientists used Zeno's riddles to begin describing the complexities of nature. Industries evolved out of these new thought processes. Ever since then, through today, paradoxes and contradictions have been used to solve problems in science and industry.

Due consideration of the Old Salt Lake is approaching the task from the point of view of determining whether it's physically possible (technically) or not to restore the place to its original condition. The first step being in trying to restore something is to know how it originally worked. Toward that end, research lead

to a key document being identified and obtained. The document is a short report by a geologist who visited the site in 1890 while the lake was still near its pre-historic condition. The name of the site is "Lake Salinas" because the name the Spanish called this track of land was Salinas. This remarkable 1890 report is by E. B. Preston of the California State Mining Bureau:

*"Lake Salinas.*

*Within the town site of Redondo Beach is a small salt-water lake, about three hundred yards from the ocean, and about five feet above the high-water mark, that does not receive its water supply from the ocean, having an entirely different combination of salts, and has about it and its immediate surrounding features that make it of interest to the geologist and chemist.*

*The lake is about a half a mile long, and from four to six feet deep. At the south end is a large shallow basin connected by movable gates with the main lake, which is used for evaporating the water by the heat of the sun. The banks are low, gradually sloping up; a sand dune intervenes between the ocean and the lake; the bottom of the lake is a bed of clay. Around this lake on both sides, about thirty wells have been bored to an average depth of twelve feet into the clay that forms the bottom of the lake, and these all yield a good, soft drinking water. Between these sweet water wells next to the ocean, and the ocean itself, near the top of the dune a well has been sunk to a depth of twenty-six feet, which has passed through the clay for a distance of ten feet. The water obtained in this well is claimed as having medicinal qualities; it certainly tastes bad, if that is an criterion of its medicinal value.*

*The lake water is a much stronger solution of salts than the water from the open ocean, containing a very much greater proportion of chloride of magnesia; but the statement as made by the parties on the spot to the writer, that the water was ten times as saturated as the sea water, is evidently erroneous, as such a solution would pass the point of saturation. How to account for the presence of these different qualities of water in their relative positions, is not plainly to be seen. The salt water could be*

*accounted for in several ways, as there are beds of saliferous shales and sandstones in the neighborhood; also, there are magnesian rocks on the flanks of the mountains surrounding the plain; but the fresh water in the wells surrounding the lake interferes, from the fact that these wells, terminating in the clay, compel the assumption that the water in them is drainage water from the near vicinity. To solve the question satisfactorily would require a closer investigation into the position of the different strata than the limited time at disposal afforded."* E. B. Preston, 1890<sup>14</sup>.

Another key point in the research was obtaining an analysis of the Preston Report. The International Society for Salt Lake Research (ISSLR) was contacted. They expressed interest in the project, not having known of this particular salt lake before, and made referrals. This was much appreciated. The scientist Barbara Javor was contacted and she was kind enough to review the 1890 Preston "Lake Salinas" geological report. Her analysis is very interesting. It just may have solved the oldest local riddle in the land. This analysis also provides a means for greater insight into the local history of the area.

*"My take on the document is that the clay layer is an impervious zone that prevents the upper freshwater from mixing with the deeper saline water. Somewhere under the lake, the clay zone is likely breached, allowing the lake to fill with brine. Hence, a salt spring would never be visible to someone standing by the lake. It may not be a single point source either, but rather dispersed on the lake bottom as a large set of smaller percolation pores. Because the southern California coastal region has many petroleum zones on land (e.g., the oil fields in nearby Long Beach), it is not strange to find a buried saline aquifer bearing relict seawater from earlier geological times (i.e., possibly from the time of deposition of the marine organic matter that transformed into petroleum). The relationship between salt domes and petroleum deposits in Louisiana is a well-documented case of this phenomenon. Check out reports of oil drilling on land and you'll come across references to brines (google "oilfield brine" --- you'll get a lot of hits)." Barbara Javor, Ph.D<sup>15</sup>.*

Continued research found another key historical reference to the original physical setting of the Old Salt Lake. The source of the information was the local water district. The district is currently sponsoring a demonstration desalination project at the Old Salt Lake site - which is ironic. The desalination project required an environmental review. Buried deep within the technical appendix of the environmental review is a brief site-specific description of the original topography and hydrology<sup>16</sup>. This description of the original site physical setting is sourced to those Stone & Webster geotechnical reports. Again, Stone & Webster is the engineering firm Edison hired to design and build the current version of the power plant. The geotechnical records are said to have been destroyed. However, with what remains as references in later reports, like the current desalination project, one can piece together a description of the Old Salt Lake physical settings as follows: - the southern terminus of the great El Segundo Sand Hills spanned the length of the lake, between the lake and the ocean. The groundwater on the site originally flowed westerly toward the ocean and became the perched groundwater of the (Old Dune Sand) aquifer. The clay bottom of the lake on the west side separated the Old Dune Sand aquifer from the lower aquifers and on the east side the clay was permeable.

With the new knowledge acquired about how the Old Salt Lake worked, the question of restoration can begin to be addressed. Restoration efforts depending on the current status of the original native aquifers.

Further research into the historical record of industrial activity at the site shows there was extensive oil production and fresh water removal operations. If oil-field brine was the source of the salt of the Old Salt Lake, that saline aquifer was probably removed by the late 1920's as a standard waste by-product of oil production.

The fresh water aquifer was removed even earlier, by the 1910's. Over-pumping of the fresh water wells, to handle the growing population of people in the area, turned the water in wells



salty (sea-water salt). Apparently, both the oil production and fresh-water removal activities created the space for the well-known sea-water intrusion problem to occur. Once sea-water entered those places previously occupied by native aquifers, a chemistry change occurred called “Base Exchange”<sup>17</sup>. The original chemistry of whatever does remain of the native aquifers of the lake has been permanently changed.

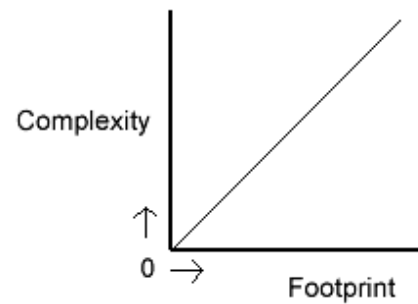
Now add pollution to the situation. The site has been polluted to the core by the power plant and other operations there over the last hundred years. The conclusion is it would not be physically possible to restore the Old Salt Lake to its original condition.

A lake can be restored there and sea salt can be produced from it. However, the salt the historic Old Salt Lake was capable of producing probably can’t be reproduced, at least naturally. People could try injections of brine and establish a new saline aquifer under a new lake. However, this would require nearly infinite political, economic and social will and cooperation. The subtle and important point being not just that product would not be historic “Old Salt Lake” salt, but the place would not have what it had before complexity happened. The bio-cultural evolutionary capacity can’t be restored.

The point of what happened to the Old Salt Lake is complexity redefines geography and history. That’s what we can take-away. The irony being it’s no longer there. It was important for life in the area and used by people for thousands of years. But the fact is people removed it from existence.

This article also provides due consideration to try and resolve the irony of the Old Salt Lake via the use of the following two axioms as a starting point for analysis:

- (a) There is a positive linear relationship between human Complexity and ecological Footprint, and
- (b) There is a negative linear relationship between Complexity and EROEI (Energy Returned On Energy Invested).



**Fig. 9:** Relationship between human Complexity and ecological footprint

Application of the axioms for instance include: (a) The Salt Works at first accelerating the evaporation process by use of boilers (1854-59). *Analysis:* Increased complexity, decreased EROEI and increased Footprint (deforested Redondo and Palos Verdes hills of native willow trees). The works changed owners and returned to sole use of the solar evaporation technique. (b) The current effort to modernize the AES power plant. *Analysis:* Increased complexity, decreased EROEI and increased Footprint. (c) The desalination project now at the Old Salt Lake site. *Analysis:* A classic case of historical irony.

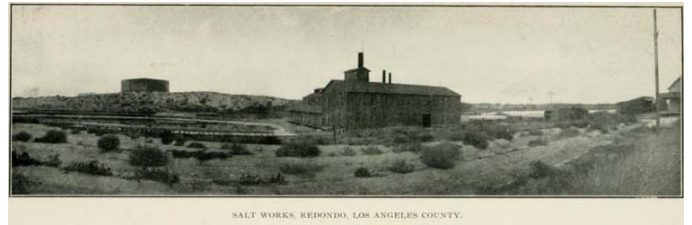
Perhaps the big picture implication is total loss of the bio-cultural evolutionary capacity of the location known as the Old Salt Lake was inevitable - regardless of who ended up executing it. Supposing, had the area remained under the Mexican government jurisdiction or had California become its own nation or even if the Chinese had first colonized and developed this continent, the result would most likely have been the same as occurred under American control. The scenario in any case would have been increased complexity and increased ecological footprint to the point of simply using the lake area for salt and fresh water no longer being an option. If this is correct, then this work is a review of the final cycle.

At what point did people still have a chance to retain the original capabilities of the Old Salt Lake? Probably not much later than 1902, when Gilbert E. Bailey in “Saline Deposits of California” wrote:

*"Salt works were erected some years ago near Redondo, on a small lagoon about half a mile north of the town. The waters of this lagoon contain a strong brine, but the work of making salt was interrupted first by one misfortune, and then by another. The works were equipped with considerable machinery, that was taken down and removed in the fall of 1901; and the present operations are confined to vat work and solar evaporation on a small scale. At the present time, this business has been suspended for at least ten years."*



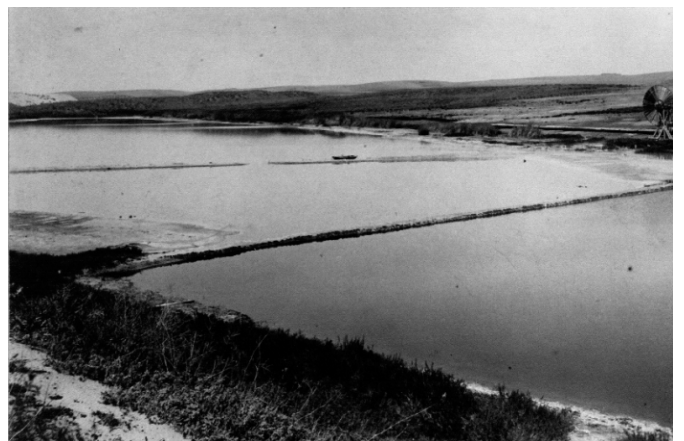
**Figs. 10a & b:** ca. 1895 – 1910, "Looking northeast over evaporation pools, vats and buildings of the salt works at Redondo Beach"<sup>18, 19</sup>



**Fig. 11:** Then - 1901 photo of Salt Works taken by Gilbert E. Bailey looking northwest. The beach and ocean is on the other side of the sand dune. On the left rising above the dune is a Standard Oil Company oil storage tank. The salt works building was located on the southeast edge of the lake.



**Fig. 12:** Now - 2011 photo taken perhaps within a few feet of where Bailey stood in 1901 and looking the same direction (northwest). The salt works building being on the other side of the wire fence. The power plant generating units span the length of where the west side of the lake was.



**Fig. 13:** 1887, "Redondo Beach Salt Lake", looking northeast<sup>20</sup>

## References

- (1) Fairchild Collection (1932) Aerial photo (detail), C-2298, 4, approximate scale 1"=500'
- (2) Wallace, W. J. (1955) "A Suggested Chronology for Southern California Coastal Archaeology". Dr. Wallace was also a Redondo Beach resident.
- (3) Coastal Environments (2006) "Subsidence of the King Harbor Breakwater at Redondo Beach"
- (4) Farmer, M. F. (1937) "Notes at the Salt Marsh At Redondo Beach, California" The Southwest Museum
- (5) (1856) "California Farmer and Journal of Useful Sciences" Vol. 6 (17), 21 November
- (6) Guinn, J. M. (1907) "Las Salinas (The Salt Pits)" Historical Society of Southern California
- (7) (1916) "Sixty years in Southern California, 1853-1913, containing the reminiscences of Harris Newmark", Redondo Beach Main Public Library, Internet Archive
- (8) "Photographic portrait of Anita Mellus Truddel (Anita Johnson?), the wife of Henry Mellus, [s.d.]", USC Digital Archive
- (9) (1875) "Map of the Ranchos Centinela and Sausal Redondo", Online Archive of California
- (10) California Geologic Survey (2003) "Long Beach 30'x60' Quadrangle"
- (11) California Public Utilities Commission (1997) "Comments and Responses on mitigated Negative Declaration part of Edison Power Plant divestiture plan Environmental Review"
- (12) (1893) "Geodetic Survey Redondo Beach Coast Line (detail)", Original at Redondo Beach Historical Museum
- (13) (1960) "The Pilot", Redondo Union High School, Redondo Beach Main Public Library
- (14) Preston, E. B. (1890) "Report 10" California State Mining Bureau
- (15) Javor, B., Ph.D. (2010) Consultant to the solar salt industry. Author of: Javor, B. (1989) "Hypersaline Environments. Microbiology and Biogeochemistry". Springer-Verlag, New York, 328 p.
- (16) West Basin Municipal Water District (2007) "Draft Technical Memorandum", Appendix E, TM-2 Process Requirements Temporary Ocean Water Desalination Demonstration Project, pp: E-25-E-29
- (17) Poland, J.F., Garrett, A.A., and Sinnott, A. (1959) "Geology, hydrology, and chemical character of ground waters in the Torrance - Santa Monica area", California: U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper 1461, p: 193
- (18) Bailey, G. E. (1902) "Saline Deposits of California", California State Mining Bureau, Bulletin 24, pp: 120-122
- (19) "Redondo Salt Works, California, ca.1895-1910", USC Digital Archive
- (20) (1887) "Redondo Beach Salt Lake", Redondo Beach Historical Museum

## For more information about the Old Salt Lake

Many additional resources about the Old Salt Lake are available on the project web site. The site can be found by doing a web search for "Cultures and the Old Salt Lake".

## Research / Publication Methodology

Simple Treatment. A new and unique combination of environmental studies, history, field work and web development.

### Parte de la Bahía de San Francisco, de nuevo un humedal salino

El proyecto de restauración de las salinas de la Bahía Sur de San Francisco, California (South Bay Salt Pond Restoration Project) tiene como fines la restauración de hábitats, el control de inundaciones y el acceso público a 15.000 acres de las antiguas instalaciones salineras de la empresa Cargill (ver foto). Hoy en día, más del 80% del ecosistema de marisma de la Bahía de San Francisco ha desaparecido por efecto de desarrollos industriales, urbanos y agrícolas. Las antiguas instalaciones salineras tienen además una salinidad muy elevada, perdiéndose sus valores ecológicos, y sus estructuras (diques, muros) se están deteriorando con el paso del tiempo. La cesión de Cargill constituye, pues, una excelente oportunidad para restaurar estos humedales a su estado original, mediante la reintroducción de especies autóctonas y la gestión de hábitats para atraer a la (avi-)fauna. Además permite ofrecer oportunidades recreativas a la población compatibles con los valores naturales de la marisma, así como la mejora de la calidad del agua en la zona.

Para saber más:

<http://www.southbayrestoration.org>

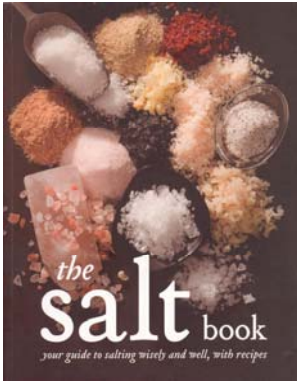


Antes

Después



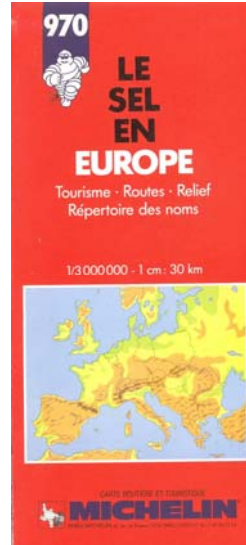
## Bibliografía de interés



Glynn, D. & Gubler, F. 2010. **The Salt book** Arbum Publishing. Crows Nest NSW, Australia. 208 pp.

Nuevo libro a caballo entre una guía de sales gourmet y un recetario cuyo principal ingrediente es la sal. Sin excesivas pretensiones,

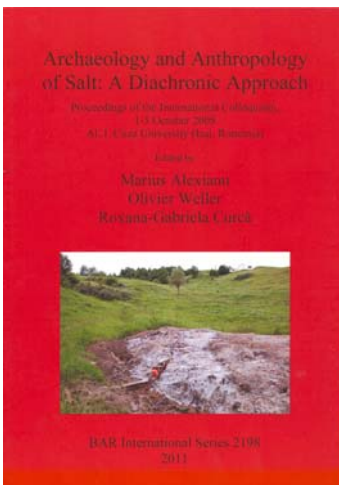
no entra en detalles de sales gourmet muy concretas, a menudo difíciles de adquirir, sino más bien las clasifica por grandes categorías, lo cual facilita la aplicación de las recetas en la práctica. Además de éstas, que incluyen la preparación de salsas, condimentos y salazones, introduce brevemente la fisiología de la sal y los aspectos culturales relacionados con la producción, historia, simbolismo y léxico asociados a este elemento.



Michelin (1990) **Le sel en Europe**. Mapa 970. Escala 1/3.000.000

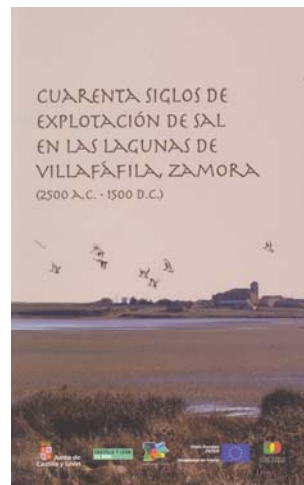
Clásico mapa de Michelin donde se reflejan los lugares de producción de sal en Europa. Distingue entre sal marina, sal gema, sal *vacuum* y manantiales de interior, así como los museos de la sal. Aunque no lo especifica, parece que se trata de explotaciones salineras en funcionamiento. Dados los cambios en los lugares de producción

(la emergencia de pequeñas salinas artesanales, el cierre de otras salinas) y la aparición de numerosos museos de la sal en las últimas décadas, el mapa necesitaría una revisión. Pero sin duda es una joya para los aficionados.



Alexianu, M., Weller, O. & Curcă, R.-G. (Eds.) 2011. **Archaeology and anthropology of salt: A diachronic approach**. Proceedings of the International Colloquium 1-5 Oct. 2008, Cuza University, Iași, Romania. BAR International Series 2198. Oxford, Reino Unido, 223 pp.

Libro de actas de un congreso celebrado en Iași, Rumanía, en octubre de 2008. Incluye ponencias sobre arqueología, historia y etnografía de la sal sobre todo en el ámbito geográfico de la Europa central y oriental, aunque también hay testimonios de investigaciones en México, Egipto y España. Es un libro interesante también para los no especialistas, gracias por ejemplo a la referencia a un lugar de producción de sal en Bulgaria en el 6º milenio antes de Cristo. Aparecen también textos sobre lingüística, léxico y toponimia salinera, poco frecuentes en este tipo de trabajos y de interés para un público más amplio.



Abarquero, F. J., Delibes, G., Guerra, E., Palomino, A.J. & del Val, J. 2010. **Cuarenta siglos de explotación de sal en las lagunas de Villafáfila, Zamora (2.500 A.C.–1.500 D.C.)** Junta de Castilla y León, Valladolid. 68 pp.

Librito divulgativo sobre la explotación de la sal en Villafáfila, importante

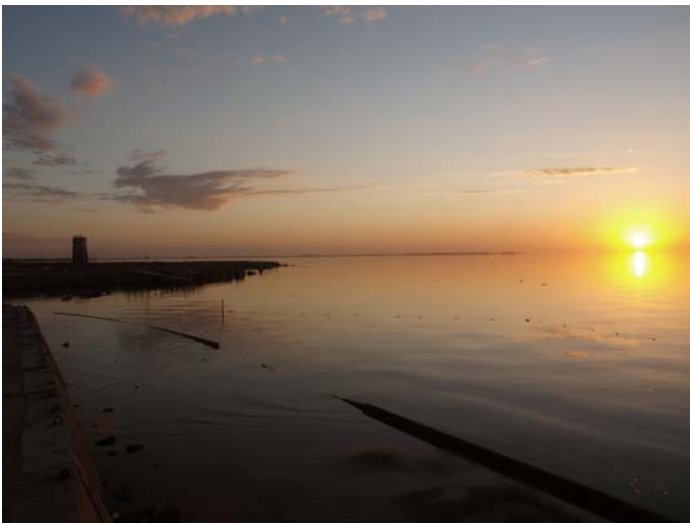
complejo lagunar en el centro de Castilla, más conocido por su abundante y variada avifauna. Los autores arrojan abundantes datos sobre la producción prehistórica de sal ígnea en la zona, con ilustraciones que facilitan enormemente la comprensión de los métodos de producción de esa época. Asimismo especulan sobre las causas de su declive en el siglo XVI, cuando ya se obtenía la sal por evaporación solar. Resulta todo un misterio, pues se trataba de una de las salinas de interior más occidentales de la Península Ibérica y que por tanto debería haber tenido asegurado el mercado en su zona de distribución.

## Noticias (1)

Para más detalles y noticias actualizadas, visite [www.salinasdeinterior.org](http://www.salinasdeinterior.org)

### Visitamos Mar Chiquita, Argentina

Con motivo de la XI Conferencia de la International Society for Salt Lake Research (*Sociedad Internacional para la Investigación en Lagos Salados*, ISSLR), nuestra Asociación estuvo el pasado mes de mayo en la región argentina de Córdoba. En ella presentamos dos trabajos, uno sobre el reciente inventario de humedales salinos de la Península Ibérica y el otro, sobre la financiación de proyectos europeos de recuperación y puesta en valor de paisajes de la sal. En la conferencia participaron científicos de todo el mundo, que ofrecieron ponencias sobre investigación, gestión y uso sostenible de lagos y ecosistemas salinos de interior de cualquier parte del mundo. A mitad de la conferencia se agasajó a los participantes con un asado en el campo, al puro estilo gaucho, después de dar una vuelta por las orillas del enorme lago, conocido por su rica y abundante avifauna.



La ISSLR es una sociedad científica que se dedica a aunar científicos de diversas disciplinas que tienen como campo de interés los lagos y ecosistemas salinos de interior. Sus reuniones se suelen celebrar cada tres años y la Asociación ya participó en la edición anterior que tuvo lugar en Salt Lake City, EEUU. La próxima edición, prevista para 2014, se celebrará en diferentes localizaciones en China. Se trata de una excelente oportunidad de conocer, aunque sea muy superficialmente, parte de la inmensa riqueza salinera de este enorme país. Haremos lo posible por estar ahí.

### Taller de guías turísticos en salinas

La Asociación participó el pasado mes de junio en un taller de guías turísticos que trabajan en salinas, organizado por la Diputación Foral de Álava en el marco del proyecto ECOSAL Atlantis. En el taller se discutieron sobre todo aspectos prácticos de la actividad turística con visitantes, así como técnicas de interpretación y acogida. El taller concluyó con una visita de estudio a las Salinas de Añana, que cuenta con un programa de visitas en permanente actualización. Los participantes tuvieron ocasión de disfrutar del pediluvio y del maniluvio que existen allí a disposición de los visitantes.



©www.vallesalado.com

### Salinas de Oro (Navarra) presentará su flor de sal en una jornada muy salada

El próximo domingo 31 de julio se celebrará en Salinas de Oro la jornada "Alimentos de calidad y desarrollo local. La sal de Salinas de Oro", organizada por la Asociación Turística Tierras de Irizar y el Ayuntamiento de Salinas de Oro. En esta jornada se presentará la nueva flor de sal de Salinas de Oro, mediante degustaciones y con la posibilidad de sacar sal (y llevársela de recuerdo). El programa contará con la presencia de nuestros viejos amigos y colaboradores Oriol Beltran y Xabier Farré. Ellos explicarán la experiencia de las salinas de Gerri de la Sal en Lleida y las salinas de Maras en Perú, dos lugares donde se está obteniendo sal de forma artesanal. Nuestra Asociación presentará una ponencia sobre la contribución de las sales artesanales al desarrollo socioeconómico local.



## Noticias (2)

Para más detalles y noticias actualizadas, visite [www.salinadeinterior.org](http://www.salinadeinterior.org)

### Proyecto ERAS DE LA SAL (Murcia)

Con la asistencia de 20 voluntarios ambientales, la Asociación La Carraca ha realizado un curso de formación en las Salinas de Rambla Salada (Murcia) en el marco del Proyecto Eras de la Sal, con el apoyo del Programa de Voluntariado en Ríos del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino y del Programa de Voluntariado en Espacios Protegidos de la Región de Murcia. Además durante el resto del año 2011 los voluntarios de La Carraca acometerán la recuperación de los hábitats naturales salinos en el entorno de las salinas de Rambla Salada.

El Proyecto Eras de la Sal pretende conseguir recuperar la actividad salinera asociada al cauce de Rambla Salada, que actualmente se encuentra altamente deteriorado por el exceso del desarrollo del cultivo intensivo de cítricos que utilizan regadío. Esta actividad agrícola reciente implica una alta aportación de abonos y agua dulce al cauce de la rambla, que tradicionalmente ha sido salina.



©Asociación La Carraca

Los valores naturales de Rambla Salada son extraordinariamente singulares y la Asociación La Carraca se esfuerza desde su creación el 2 de febrero de 2006, en su investigación, divulgación y conservación. Para más información: Presidente de la Asociación La Carraca: 616794238 (Miguel Ángel Núñez), <http://asociacionlacarraca.blogspot.com/>, [ramblasalada@hotmail.com](mailto:ramblasalada@hotmail.com).

### Un verano muy saleroso

Los pasados 7 a 10 de julio se celebró la Feira Internacional de Sal en Aveiro, Portugal, con la presencia de 14 expositores (productores de sal, otras entidades relacionadas) y numerosos actos asociados. Como novedad en esta edición, varias decenas de restaurantes locales apoyaron el evento con recetas cuyo ingrediente principal era la sal artesanal de Aveiro.



En ese mismo fin de semana tuvo lugar en Salinas de Añana la fiesta de la sal, con su habitual espectáculo de luz y sonido por la noche y mercadillo tradicional de sal durante la mañana del domingo. También durante el mes de julio ha tenido lugar un campo de trabajo para jóvenes, procedentes de varios países del mundo, que han colaborado en las tareas de restauración.

El final del verano se presenta intenso para los amantes de la sal, con festivales en varios lugares del área mediterránea, a saber:

- *Fête du sel / Heste de la Saï*  
Salies de Béarn, Francia, 8-11 Septiembre  
<http://www.salies-de-bearn.fr/>
- *Festival Sapore di sale*  
Cervia, Italia, 9-11 Septiembre  
<http://www.abcrimini.com/>
- *XIV Festa de la Sal*  
L'Escala, Girona, 17 Septiembre  
<http://www.lescala-empuries.com/>



## Agenda de eventos 2011 (1)

(La información del evento aparece en el idioma oficial del mismo)

### **The 11th International Symposium Cultural Heritage in Geosciences, Mining and Metallurgy. Libraries - Archives – Museums. Mexico City, Pachuca and Real del Monte (Mexico), 29 August – 2 September 2011**

The International Symposium of Mining Cultural Heritage and Earth Sciences: Libraries, Archives and Museums (Erbe Symposium) was held for the first time in Freiberg, Germany in 1993. Researchers from many different archives, libraries and museums related to mining and earth sciences got together. Other disciplines have been added throughout ten symposia held in Europe and America, such as archaeology and anthropology, in order to understand the mining cultural impact in places where diverse minerals and metals were exploited. For the first time, the Erbe Symposium will take place in México City. For further information, please visit: <http://www.11erbesymposium.org/>

### **CEST2011: 12<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology. Rhodes island (Greece), 8 - 10 September 2011**

Organised by the Global Network for Environmental Science and Technology (Global NEST) and University of the Aegean, this Conference series has been successfully developing for the last 24 years to an important venue in the Mediterranean attracting engineers, scientists, students, managers and other professionals from many different countries. The Conference main topics are:

- Climate change / environmental dynamics
- Air pollution and control
- Water resources / river basin management
- Water treatment and reclamation
- Ecology and ecosystems management
- Wastewater and sludge treatment
- Solid waste management
- Clean energy and sustainability
- Health and environment
- Environmental Management / environmental sustainability
- **Solar saltworks**

For further information, please visit:  
<http://www.gnest.org/cest>

### **XIII Jornadas Internacionales de Patrimonio Industrial, patrimonio inmaterial e intangible de la Industria: Artefactos, Objetos, Saberes, Memoria. Gijón (España), 28 de septiembre a 1 de octubre de 2011**

Organizadas por INCUNA (Industria, Cultura, Naturaleza) y la “Asociación de Arqueología Industrial Máximo Fuertes Acevedo”, en ellas se tratarán cuestiones relacionadas con:

- Lo inmaterial en el campo del patrimonio de la industrialización.
- Lo intangible de la cultura material: Oficios, artefactos, saberes, ingenierías y técnicas
- Las formas de ver y entender la vida de los protagonistas del trabajo y la producción.
- Culturas y memoria del trabajo
- La Web 2.0 y la proyección del patrimonio inmaterial o intangible. Técnicas y prácticas en la digitalización, productos informáticos y gráficos de recuperación, conservación y exhibición del patrimonio industrial inmaterial.
- La música, las tradiciones obreras, los festejos populares y religiosos. La fotografía e imágenes de la industria: Su lectura en el mundo del trabajo
- Historia oral, metodología y casos de empresas y territorios
- Los sindicatos y el asociacionismo su implicación social como patrimonio colectivo
- Las arquitecturas desaparecidas y actuales como parte del patrimonio inmaterial de la industria y las obras públicas
- Antropología cultural e industrial
- Las literaturas de la industria. La gastronomía, la educación, el ocio.
- Las viviendas y patrimonio residencial como herencia del trabajo

Se realizará una excursión, cuyo eje argumental girará en torno a la temática de las jornadas, con especial referencia al patrimonio inmaterial e industrial, museos, visitas a empresas en distintos apartados de la cultura material.

Para más información, visite:  
<http://incuna.es/tag/xiii-jornadas-internacionales-patrimonio-industrial/>

## Agenda de eventos 2011 (2)

(La información del evento aparece en el idioma oficial del mismo)

### **XII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero. XVI Sesión Científica de la SEDPGYM. Valorización de elementos geomíneros en el contexto de Geoparques. Boltaña, Huesca (España). 29 de Septiembre – 2 de Octubre de 2011**

La Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero convoca una vez más a todos los interesados en la difusión y conservación del Patrimonio Geológico y Minero para participar activamente en el XII Congreso Internacional de Patrimonio Geológico y Minero, que se celebrará en Boltaña (Huesca) con los objetivos de:

- Servir de punto de encuentro y discusión para investigadores, estudiosos e interesados en el patrimonio geológico y minero
- Facilitar el intercambio de experiencias que se estén llevando a cabo en la puesta en valor de recursos patrimoniales geológico-mineros, en la recuperación y difusión del patrimonio, así como en los más amplios aspectos de la historia y la cultura mineras
- Dar a conocer la importancia del patrimonio geológico y minero-industrial de la Comarca de Sobrarbe, sede del congreso.

En el congreso se diferencian varias sesiones:

- 1 - Patrimonio Geológico
- 2- Geoparques
- 3- Patrimonio Minero
- 4 - Parques Mineros
- 5 – Patrimonio Arqueológico

Más información: <http://www.sedpgym.es>

#### **¿Desea añadir algún evento?**

Informe sobre su evento científico, técnico, lúdico... a la redacción de El Alfolí (salinasdeinterior@gmail.com, tel. 91 855 41 60). Lo publicaremos en el siguiente número.

¡Gracias por su colaboración!

### **I Congreso de Investigación sobre Paisaje Industrial. Sevilla, 2-4 Noviembre 2011**

Organizado por el Laboratorio del Paisaje Industrial Andaluz y el grupo de investigación HUM-666 “Ciudad, Patrimonio y Arquitectura Contemporánea en Andalucía y América”. Las Áreas de las distintas mesas de trabajo del Congreso son:

- Mesa de Trabajo 1: Nuevas aproximaciones al paisaje industrial desde una lectura multidisciplinar.
- Mesa de Trabajo 2: Dimensión cultural de los paisajes industriales.
- Mesa de Trabajo 3: Acciones, propuestas y proyectos de intervención en el paisaje industrial.
- Mesa de Trabajo 4: El paisaje industrial en los procesos de planeamiento urbano y regeneración social.

Más información

<http://laboratoriopaisajeindustrialandaluz.blogspot.com/>

### **10th International Conference on Halophilic Microorganisms HALOPHILES 2013, Storrs, Connecticut (EEUU), 2013**

This meeting will bring together scientists from around the world to review the latest developments and achievements of scientific research of halophiles and their applications.

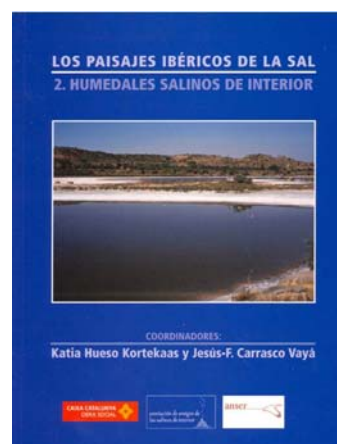
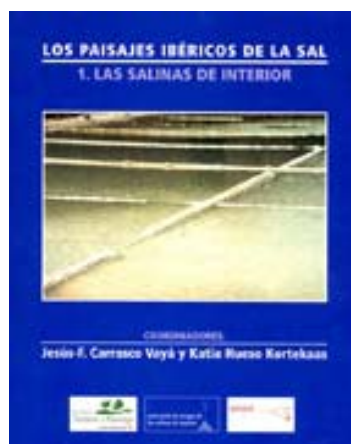
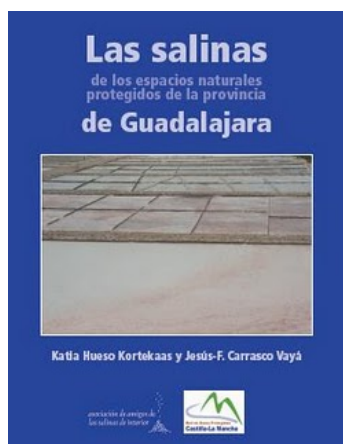
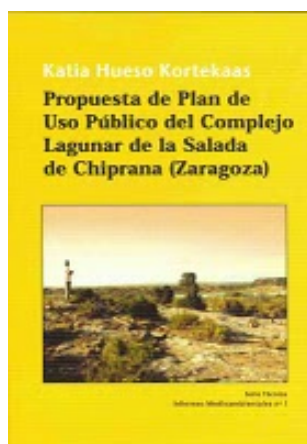
The Halophiles conferences usually cover all aspects of organisms living in saline environments, including:

- Evolution and astrobiology
- Biodiversity, taxonomy and phylogeny
- Genomics and systems biology
- Physiology and metabolism
- Molecular genetics and biochemistry
- Biotechnological applications

For further information, please visit:

<http://papkylab.uconn.edu/halophiles2013/halophiles2013.html>

## Libros y postales de la ASOCIACIÓN DE AMIGOS DE LAS SALINAS DE INTERIOR



**Gratis**—sólo cobramos los gastos de envío  
Solicítelos aquí: [salinasdeinterior@gmail.com](mailto:salinasdeinterior@gmail.com)



## ¡ HÁGASE SOCIO !

Nombre..... Apellidos .....

Dirección.....

.....

Municipio.....

Código postal.....Provincia.....

Tel.....E-mail.....

¿Cómo nos conoció?.....

.....

Por favor envíe este cupón o una copia a:  
Asociación de Amigos de las Salinas de Interior  
Apdo. Postal 156 · 19080 Guadalajara

Cuota anual: 20 €  
Se ruega ingresar en cc 0049 0382 94 2911231671(Banco Santander)  
indicando su nombre y en el concepto “Cuota socio”

¡Gracias por su colaboración!