



**La actividad productiva como sostén directo de un
paisaje y su biodiversidad:
El caso de la producción de sal por evaporación solar**

Autor: Jesús-Fernando Carrasco Vayá

Institución: Asociación Cultural Amigos de las Salinas de Interior

Otros autores: Katia Hueso Kortekaas (Asociación Cultural Amigos de las Salinas de Interior)

Resumen

En el ámbito geográfico mediterráneo, los paisajes y la biodiversidad que éstos sustentan están o han estado ligadas al hombre desde antaño y muchos son fuente de recursos naturales que han sido explotados de forma más o menos racional en el tiempo.

Ejemplo de ello es la obtención de sal por evaporación solar. Precisa de unas condiciones topográficas, climáticas, geológicas y ecológicas concretas y crea a su vez unos paisajes y hábitats característicos.

El proceso consiste en introducir agua salada en estanques en serie, cuya salinidad va creciendo gradualmente, hasta lograr evaporar totalmente el agua y cristalizar la sal. Cada uno de los estanques constituye un ecosistema salino específico que tiene una biodiversidad y abundancias adaptadas a esa salinidad en concreto, con su propia red trófica y sus relaciones con el medio. Así pues una salina de evaporación solar es un microcosmos de hábitats (hiper-)salinos discretos pero interdependientes.

La producción de sal en una salina de evaporación solar depende a su vez del correcto mantenimiento de su equilibrio ecológico, pues una adecuada distribución y composición de las especies que en ella se encuentran contribuyen a una cristalización rápida y óptima de la sal. Por otro lado, un desequilibrio ecológico tendría consecuencias negativas directas sobre la calidad y la cantidad de sal a cosechar.

Se ha demostrado, por otro lado, que el abandono de la actividad salinera, es causa de pérdida de biodiversidad, pues el hábitat se uniformiza al igualarse la salinidad de los estanques y las especies halófilas, raras y frágiles, van siendo sustituidas por otras generalistas e incluso oportunistas.

Las empresas salineras son cada vez más conscientes de la interrelación entre el mantenimiento del ecosistema y una producción de sal de calidad y se toman muy en serio su gestión. Además, han aprendido a aprovechar otros subproductos de las salinas que se dan en espacios con un adecuado manejo del ecosistema, como la ictiofauna, la vegetación halófila, los crustáceos, las algas, otros microorganismos, etc., compatibles todos ellos con la obtención de sal de calidad y que permiten que el negocio sea cada vez más autosuficiente e incluso rentable.

Se trata pues de un claro ejemplo de sinergia entre hombre y naturaleza, entre paisaje y paisanaje, de cómo están íntimamente ligados el recurso natural y su explotación racional. Pero no sólo eso, sino que al tratarse de un hábitat artificial que pese a ser creado por el hombre enriquece la diversidad y abundancia de especies, se podría hablar de un ejemplo de actividad con un de impacto positivo neto (NPI, en sus siglas en inglés) sobre la biodiversidad, que además es económicamente autosuficiente.

Palabras claves: empresa, producción sostenible, biodiversidad, paisaje, salinas, NPI

1. Paisajes mediterráneos y biodiversidad

Desde hace ya décadas, no se asocia el concepto de paisajes valiosos exclusivamente con lugares naturales prístinos, tal y como se entendían en plena época del Romanticismo. Los espacios protegidos declarados en el siglo XIX y a principios del XX tenían como objetivo conservar esa naturaleza salvaje, virgen e indómita, que tanto atractivo presentaba para intelectuales, artistas y aventureros de la época (Díaz Pineda 2003, Antrop 2005). Hoy en día ya se entiende que los espacios vírgenes ya apenas existen y que la mano del hombre ha modelado casi todo lo que vemos o conocemos (Cronon 1996). Afortunadamente, esa intervención no ha sido siempre perjudicial para la naturaleza y en ocasiones ha creado paisajes culturales de gran interés, no sólo por sus aspectos humanos, sino por el soporte que dan a sus valores naturales y los nuevos que se puedan crear en el proceso. La actividad productiva que en ellos tiene lugar es el garante de su mantenimiento, pues fija a la población y le da soporte para su existencia como colectivo humano y social. Los paisajes productivos tienen también como gran ventaja la creación de una identidad y de un sentido de pertenencia entre la población que lo habita y lo disfruta, y por tanto una responsabilidad para con ellos y una importante motivación para la conservación y manejo durable de sus recursos naturales. Cuando estos espacios se protegen, se suele tener en cuenta, al menos sobre el papel, el rol de la población local como conocedor del espacio y gestor de sus recursos (Williams y Stewart 1998). Aunque este tipo de paisajes existen en todo el mundo, la región del Mediterráneo es especialmente rica en ellos, gracias al paso de importantes civilizaciones que han dejado su impronta en el manejo de los recursos. Existen multitud de ejemplos de paisajes culturales de gran valor natural, como las dehesas, los arrozales, la huerta o las marismas (Blondel y Aronson 1999, Díaz Pineda 2003), cuya implantación puede llegar a tener milenios de antigüedad y su aprovechamiento se lleva aún a cabo con cierto criterio de responsabilidad. Sin embargo, en esta lista de paisajes emblemáticos, poco se suele oír hablar de las salinas. En esta comunicación nos gustaría apuntar las razones por las cuales las salinas, como paisaje productivo que son, pueden constituir no sólo reservorios de biodiversidad sino contribuir a su mejora.

2. Los paisajes de la sal: las salinas

2.1 Características de los paisajes de la sal

Las salinas de evaporación solar son lugares donde se obtiene sal a partir de salmuera, por la acción combinada del viento y del sol. Se trata de un método productivo conocido al menos desde época romana (Castro 2006), que está ampliamente extendido por la cuenca del Mediterráneo (Petanidou 1997) y muy especialmente en la Península Ibérica (Hueso y Petanidou 2011). Se podría decir que España presenta una variedad y abundancia de paisajes de la sal única en el mundo, con más de 1.000 de ellos (salinas, lagunas, ramblas saladas, minas de sal...) inventariados en nuestro país (Carrasco y Hueso 2008, Hueso y Carrasco 2009a). Dentro de los llamados paisajes de la sal, este tipo de explotación presenta una amplísima diversidad en cuanto a su ubicación (desde la costa volcánica canaria hasta las agrestes costas de la Bretaña; desde el nivel del mar hasta 1.300 m de altitud...), tamaño (de apenas una a decenas de miles de hectáreas), aspecto (en el llano, en terrazas, en un bosque...) y soluciones técnicas para la obtención

de sal (para el bombeo y conducción de salmuera, para la cosecha y el entroje de la sal...). Sin embargo, tienen como elemento común el hecho de ser un espacio de características intrínsecas específicas, muy diferentes a las que suelen prevalecer en su entorno: Suelen consistir en una serie, más o menos gradual, más o menos subdividida, de balsas poco profundas con concentraciones crecientes de salmuera que acaba evaporándose por completo para dejar que cristalice la sal. Para ello es necesario un clima con veranos largos y secos y una exposición a vientos regulares, condiciones típicamente mediterráneas (Hueso y Petanidou 2011, Hueso 2012), y, por supuesto, el acceso a salmuera, bien a partir del mar, bien a partir de manantiales o depósitos de sal en el interior. La presencia de la salmuera, que cada vez va adquiriendo mayor grado, hace que se generen unas condiciones ambientales desde oligohalinas a hipersalinas que normalmente son hostiles para la vida. Sin embargo, existen algunas especies – denominadas halotolerantes o halófilas– que, respectivamente, toleran o requieren la presencia de sal en su hábitat. Estos organismos presentan adaptaciones fisiológicas diversas que les permiten colonizar unos hábitat inaccesibles a otras especies (Javor 1989, Breckle 1990, Oren 2005). Gracias a esta exclusividad, pueden proliferar en ausencia de competidores y predadores y generar por tanto abundantes cosechas. A su vez estas adaptaciones les confieren unas características únicas que permiten su aprovechamiento como recurso para la ciencia, la industria biotecnológica o el turismo, como se verá más adelante (Hueso & Carrasco 2007, Hueso y Petanidou 2011). Pero, independientemente del posible aprovechamiento de especies concretas para usos específicos, de lo que no cabe duda es de la importancia del adecuado funcionamiento del ecosistema para el aprovechamiento de la salina para el fin que ha sido diseñada: la producción de sal.

2.2 Las salinas como ecosistemas

Las salinas de evaporación solar son sistemas biológicos que consisten en una sucesión de ecosistemas semicerrados y estables, en los cuales cada balsa o conjunto de balsas están en equilibrio y los organismos que las habitan forman una comunidad bien adaptada y establecida (Pedrós-Alió *et al.* 2000, Dyll-Smith *et al.* 2003). Cada conjunto de balsas presenta diferentes condiciones de profundidad, insolación, salinidad, oxígeno disuelto etc., por lo que constituyen hábitat diferentes entre sí, cada cual con su propia comunidad y red trófica. Sin embargo, son ecosistemas no estancos, pues las balsas están comunicadas secuencialmente entre sí, por lo que sus redes tróficas están interrelacionadas. Cada organismo vivo presente en las salinas prolifera mejor donde las condiciones son óptimas para él, pero también puede aparecer en otros hábitat, en condiciones subóptimas, contribuyendo a la red trófica allí presente.

Los organismos vivos de una salina son esenciales para la producción de sal, la cual está a su vez íntimamente ligada a las características físico-químicas del sistema (Davis 1980, 2006). La comunidad de una salina se compone de aquellos organismos microscópicos que flotan en el agua (el plancton) y de aquellos que habitan el fondo de las balsas (el bentos, que forma los llamados tapetes microbianos), además de los invertebrados y vertebrados que contribuyen a la red trófica del sistema en su conjunto. Los organismos de una salina pueden beneficiar o perjudicar la producción de sal (Davis 2006), por lo que el conocimiento de su ecología es de extrema importancia para los gestores de la instalación. Un sistema biológico “en equilibrio” permitirá la obtención de una sal de

calidad con un elevado rendimiento, mientras que un sistema “desequilibrado” dificultará la precipitación de sal y sus cristales serán de baja calidad (Davis 1980, Sundaresan *et al.* 2006). Así, el plancton contribuye a la producción de sal coloreando la salmuera con un tono rojizo-violáceo que reduce el albedo e incrementa la absorción de energía solar, acelerando la evaporación del agua (Davis 1974, Javor 1989, Oren y Dubinsky 1994, Oren 2005; Oren and Rodríguez-Valera 2001, Javor 2002). La sal cristaliza así con más rapidez y de ese modo aumenta la productividad de la salina. Mientras, los tapetes microbianos retienen los nutrientes que hay en el agua y sellan el fondo de las balsas, lo que evita pérdidas de salmuera e infiltraciones de agua dulce y previene la formación de mucílago. Todo ello contribuye a la formación de cristales limpios, grandes y de calidad (Davis 2000, 2009). Los invertebrados contribuyen a su vez a la limpieza de nutrientes y al control de la proliferación de microorganismos, clarificando la salmuera. Constituyen además el alimento para las aves, cuyas heces y cadáveres aportan nutrientes de nuevo al sistema, cerrándose así el ciclo.

Un sistema “desequilibrado” se puede manifestar por un insuficiente desarrollo biológico y una escasa disponibilidad de nutrientes, por lo que requeriría de fertilización o coloreado artificial de las balsas para mejorar la producción. Otro problema típico, el exceso de nutrientes, genera un exceso de materia orgánica, que a su vez causa viscosidad en la salmuera y se traduce en cristales huecos o pequeños que podrían retener partículas. Las prácticas de gestión deberían centrarse en mantener las condiciones físico-químicas estables en las balsas y el ecosistema en su conjunto en equilibrio y libre de contaminación. En caso necesario, se debe ajustar la profundidad de la salmuera, introducir otros organismos para el control de la proliferación de cianobacterias o incluso clorar la salmuera (Jones *et al.* 1981, de Medeiros Rocha and Camara 1993, Coleman and White 1993, Davis 1993, Davis and Giordano 1996, Javor 2002).

Sin la producción de sal, el flujo de salmuera se detiene, el equilibrio entre unas balsas y otras desaparece, se uniformizan las condiciones en el conjunto de la salina y las especies halófilas, raras y frágiles, van siendo sustituidas por otras generalistas e incluso oportunistas. Como consecuencia, se simplifica el entramado de reded tróficas y se reduce la biodiversidad allí presente. Este desequilibrio, si no es adecuadamente remediado, puede resultar en un empobrecimiento muy grave de los valores naturales del lugar, sobre todo si se trata de una salina de interior. Este tipo de salinas no puede “reconvertirse” en otro modelo de ecosistema costero y simplemente acaba a la larga perdiendo toda la vida halófila que allí hubo presente (obs. pers.).

De aquí se comprende que la producción de sal es un elemento imprescindible en el ecosistema de una salina. Las salinas se pueden considerar un tipo especial de ecosistema en el cual la mano del hombre no sólo debe ser tolerada sino que es necesaria para contribuir a la conservación y mejora de la biodiversidad al tiempo que se mantiene una actividad económica (Korovessis y Lekkas 1999, Petanidou 2000, MultiAveiro 2007, Hueso y Carrasco 2008, Petanidou y Dalaka 2009).

2.3 Valores naturales de las salinas

Además de contribuir al mantenimiento del ecosistema salino en equilibrio, las especies halófilas tienen también interés por sí mismas, tomadas individualmente. Independientemente de su valor intrínseco como seres vivos, pueden asimismo constituir subproductos de la salina por sus aplicaciones científicas, industriales o turísticas, como se verá. A continuación se explican algunas de estos grandes grupos de especies halófilas y su interés como subproductos.

Microorganismos

Los microorganismos son los únicos seres vivos que están presentes en todas las balsas de la salina, incluidas las de cristalización. A medida que se va incrementando la salinidad en las balsas su diversidad va decreciendo, hasta quedar unas densas comunidades planctónicas de la familia *Halobacteriaceae*, el alga unicelular *Dunaliella salina* (Javor 1983, Oren 2002) y algunos representantes del género *Salinibacter* (Antón *et al.* 2000, Oren and Rodríguez-Valera 2001, Benlloch *et al.* 2002). Todos ellos predominan a partir de una salinidad del 10%. Las bacterias halofílicas moderadas se encuentran en un rango de salinidad del 10–20%, mientras que los halófilos extremos proliferan a partir del 25% de salinidad (Sandaa *et al.* 2003). Todos estos microorganismos son un grupo muy diverso, tanto desde el punto de vista taxonómico, como por su morfología, fisiología, bioquímica, biología molecular y genética (Casamayor *et al.* 2002, Oren 2005).

Algo menos estudiado ha sido el rol de los virus halófilos, aunque son las entidades biológicas más abundantes en entornos hipersalinos como los cristalizadores (e.g. Guixa-Boixareu *et al.* 1996, Santos *et al.* 2010). Sí se sabe que los virus controlan la composición y la densidad de población de las comunidades microbianas y que actúan como vectores de transferencia genética, siendo pues relevantes en la evolución de las poblaciones de microorganismos (Santos *et al.* 2010). Este control es esencial, pues a partir de cierta salinidad no hay predación microbiana y los virus son la única entidad capaz de limitar su proliferación (Guixa-Boixareu *et al.* 1996, Pedrós-Alió *et al.* 2000).

Los microorganismos halófilos constituyen un campo de estudio muy dinámico, con nuevos táxones siendo aún descritos y con su ecología, fisiología y aplicaciones biotecnológicas aún en exploración, aunque algunos de ellos ya están siendo empleados en la industria. Ejemplo de ello es el uso de halobacterias como conductores en la industria de la electrónica; como precursores de polímeros, enzimas, liposomas y para otras aplicaciones cosméticas; para la remediación de suelos contaminados y la manufactura de biocombustibles o para la fabricación de antibióticos, la detección temprana del cáncer, la detección de drogas y otras aplicaciones farmacéuticas (Margheri *et al.* 1987, Galinski y Tindall 1992, Ventosa y Nieto 1995, Margesin y Schinner 2001, DasSarma *et al.* 2010, Galinski y Louis 2002, Oren 2002, 2010; Kanekar *et al.* 2012). El alga *Dunaliella salina*, rica en β -caroteno, se emplea comúnmente en la industria alimentaria como suplemento vitamínico y colorante (Ben-Amotz y Avron 1989). Además, los halófilos en su conjunto –por su capacidad de sobrevivir en condiciones extremas– son un apreciado objeto de estudio para los científicos interesados en la búsqueda de vida extraterrestre (Mancinelli 2005).

Invertebrados

Las salinas albergan numerosos invertebrados de todo tipo, pues son un hábitat ideal para muchos grupos (Crustáceos, Gasterópodos, Bivalvos...). Sin embargo, las condiciones salinas e hipersalinas del entorno, hace que muchas de estas especies presenten patrones de elevada subdivisión poblacional, endemismos regionales y refugios glaciales, sobre todo en las salinas de interior, mucho más aisladas de espacios similares (Campillo *et al.* 2011). Un ejemplo de especie de elevado interés científico es el escarabajo acuático *Ochthebius glaber*, endémico de las cuencas del Júcar, Guadalquivir y Segura (Abellán *et al.* 2005a, 2005b, 2007, Sánchez-Fernández *et al.* 2004). Requiere condiciones hipersalinas y su principal amenaza son los cambios de uso de suelo y el regadío. Una especie cercana, *O. notabilis*, es exclusiva de balsas salineras (Abellán *et al.* 2007, Picazo *et al.* 2009) y está incluida en la Lista Roja de Invertebrados (Verdú and Galante 2006). Otras especies de invertebrados citadas como típicamente halófilas son los coleópteros *Nebrioporus baeticus*, *N. ceresyi*, *Enochrus politus*, *E. falcarius* y los hemípteros *Sigara selecta* y *S. stagnalis* (Velasco y Millán 2003, Sánchez-Fernández *et al.* 2007, 2010). Otro ejemplo a reseñar es el saltamontes halófilo *Mioscirtus wagneri*, que requiere hábitat hipersalinos y está fuertemente asociado al halófito *Suaeda vera* (Ortego *et al.* 2011). Recientemente se ha encontrado también un ácaro asociado a manantiales de salmuera, *Ignacarus salarius*, y se sospecha que es un relicto del Triásico (Moreno *et al.* 2008). Para aquellas especies presentes dentro o cerca de las salinas, el abandono de la actividad salinera puede traducirse en una pérdida de hábitat lo suficientemente seria como para constituir una amenaza para su supervivencia (Velasco y Millán 2003, Velasco *et al.* 2006, Sánchez-Fernández *et al.* 2007).

Un caso aparte entre los invertebrados de las salinas es el crustáceo *Artemia*, quizás el más fácil de ver por su abundancia y aspecto tan característico, similar a una gamba. Tiene un rol relevante en la producción de sal, pues también contribuye, con sus explosiones demográficas, a oscurecer la salmuera y, al mismo tiempo, a limpiarla de materia orgánica (Davis 1974). Según Amat (*et al.* 2007), este crustáceo ha perdido el 74% de su hábitat en España en las últimas décadas. Ya en los años 80 se advertía de la amenaza que suponía para esta especie el abandono de las salinas y la destrucción de hábitat similares (Persoone y Sorgeloos 1980). *Artemia salina*, la especie autóctona de la mayoría de las salinas españolas, está además siendo desplazada por su congénere invasora, *A. franciscana*, muy empleada en acuicultura y acuariofilia y de carácter mucho más agresivo (Green *et al.* 2005). Esto conlleva una pérdida de diversidad genética en la especie autóctona (Muñoz *et al.* 2008) y eventualmente conduce a su extinción local (Amat *et al.* 2005, 2007). Las salinas de interior, por su aislamiento geográfico, aún constituyen reservorios esenciales para la especie nativa, siempre y cuando el hábitat mantenga sus condiciones originales (Gajardo *et al.* 2006, Amat *et al.* 2007).

Peces

Existen pocos vertebrados capaces de vivir en aguas hipersalinas. En las salinas de la Bahía de Cádiz, al dejar entrar el agua desde los caños hasta los esteros, acceden algunos peces, normalmente róbalo (*Dicentrarchus labrax*), bailas (*D. punctatus*), anguilas (*Anguilla anguilla*) y doradas (*Sparus aurata*). En las salinas cercanas al mar, en las que las condiciones del medio acuático son más estables, pueden sobrevivir algunas

otras especies con cierta capacidad eurihalina, como sardina (*Sardina pilchardus*), boquerón (*Engraulis encrasicolus*), corvina (*Argyrosomus regius*) o el salmonete (*Mullus surmuletus*) (Arias & Drake 2005). Pasado un tiempo de cría en los esteros, se efectúa el llamado despesque, lo cual en algunas instalaciones se ha convertido en una atracción turística. Por otro lado, en la vertiente mediterránea, el ciprinodóntido *Aphanius iberus*, es un endemismo ibérico que soporta condiciones de elevada salinidad y se encuentra amenazado (Ruiz Navarro *et al.* 2007).

Aves

La naturaleza de las salinas resalta a primera vista por su imponente avifauna, sobre todo en la costa. Son un hábitat ideal para aves coloniales, que nidifican en ellas, descansan cuando están en paso migratorio, se refugian de los predadores terrestres y obtienen alimento abundante gracias a la elevada productividad biológica de sus aguas. Quizá las especies más emblemáticas de estos espacios sean el flamenco común (*Phoenicopterus roseus*), la avoceta (*Recurvirostra avosetta*) y la cigüeñuela (*Himantopus himantopus*), aunque las salinas pueden albergar decenas de especies de limícolas, paseriformes, rapaces, etc. Numerosos autores han advertido de los riesgos del abandono o transformación de la actividad salinera para la avifauna, pues el hábitat se vería empobrecido y los nichos ecológicos disponibles, considerablemente reducidos (Sadoul *et al.* 1988, Finlayson *et al.* 1992, Rufino & Neves 1992, Velasquez 1992, Castro 1993, Pérez-Hurtado *et al.* 1993, Muñoz Arroyo *et al.* 1994, Montes *et al.* 1995, Neves & Rufino 1995, López-Carrique *et al.* 1996, Bradley 1997, Walmsley 1999, Takekawa *et al.* 2001, Geslin *et al.* 2002, Múrias *et al.* 2002, Masero 2003, Béchet *et al.* 2009, Dias 2009, Sripanomyom *et al.* 2011). De entre las salinas, son las artesanales las que presentan mayor ratio de diversidad de hábitat por superficie y, gracias a su gestión individualizada, que pone a disposición de las aves el alimento en diferentes momentos, se crea una muy útil heterogeneidad espacial (Neves & Rufino 1995, Múrias *et al.* 2002). Sin embargo, son justamente este tipo de salinas las más amenazadas por el abandono.

Muchas de las grandes marismas y zonas salineras costeras del Mediterráneo (Santa Pola, Torrevieja, Delta del Ebro, Ibiza, Camarga, Delta del Po, Messolonghi...) y del Atlántico (Bahía de Cádiz, Doñana, estuario del Sado, Daviaud, Noirmoutier, Guérande...) están declaradas espacio natural protegido y son las aves su principal atractivo. En algunos lugares se intenta compaginar el turismo ornitológico con la producción de sal, para lo cual puede ser en ocasiones necesario adecuar el calendario de trabajo a las necesidades de las aves, pero a cambio la empresa salinera puede obtener un rendimiento económico a partir del turismo.

Plantas

Alrededor de las salinas existen unas orlas de vegetación que están formadas por plantas que toleran un determinado rango de salinidad, de mayor a menor a medida que nos alejamos de la salina. En el caso de las costeras, las orlas pueden ser pocas y muy anchas, pues fuera de la instalación también hay condiciones salinas; en el interior, se trata de franjas muy estrechas que pueden llegar a dar importantes saltos de salinidad, en función de la disponibilidad de sal en el suelo o de la microtopografía (obs. pers.). Las

plantas suculentas (que confinan la sal en las hojas o en el tallo) como las de los géneros *Salicornia*, *Suaeda* o *Salsola*, son las que mejor toleran la sal. La siguiente orla suele estar dominada por halófitas excretantes (que expulsan el exceso de sal) como los géneros *Limonium*, *Atriplex* o *Tamarix* (Breckle 2002). Las orlas exteriores están dominadas por pseudohalófitas y no halófitas. Existen algunas macrófitas acuáticas capaces de sobrevivir en sedimentos hipersalinos y mal oxigenados y con niveles de agua fluctuantes. Algunos de estos géneros son *Ruppia*, *Tolypella* y *Riella*. Todas estas plantas proveen de alimento y refugio a las aves (Alonso 1985, Montes and Martino 1987, Cirujano *et al.* 1988, Cirujano and Medina 2002, Triest and Sierens 2009). Aunque ya no se emplean las halófitas con fines industriales, solían usarse como fuente de sosa para la producción de vidrio o jabón (*Salsola soda*, *Suaeda maritima*). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha resaltado el interés de estas plantas para la prevención de la desertificación, el control de la erosión, la restauración de tierras degradadas, la fijación de carbono y la provisión de alimento para el ganado (Zafrilla *et al.* 2010). Otra planta que está ganando popularidad es *Salicornia europaea* como condimento o guarnición (obs. pers.).

3. Causas y consecuencias del abandono de la actividad salinera

Como se ha señalado antes, el abandono de la actividad salinera constituye una gran amenaza para sus valores naturales. Sin embargo, el abandono no es un fenómeno reciente: Las instalaciones de producción de sal han sufrido importantes avatares a lo largo de la historia, con apertura y cierre sucesivos de grandes y pequeñas instalaciones según interesara a los centros de poder que manejaban la obtención, distribución, comercialización y fiscalidad de este producto. Sirva como ejemplo citar que la tasación irregular de la sal en Francia produjo unas importantes desigualdades sociales y económicas que finalmente desembocaron en la Revolución Francesa (Hocquet, 1985, Multhauf 1985, Petanidou 1997, de Person 1999).

El interés por este mineral no es baladí: La sal es imprescindible para la vida, pues regula la transmisión neurológica y la función muscular y sin ella acabaríamos falleciendo (Petanidou 1997). Mientras que los herbívoros la buscan en fuentes naturales y los carnívoros la obtienen de la sangre de sus presas, el hombre y el ganado necesitan obtenerla de forma artificial. Además, por sus propiedades físico-químicas y bactericidas ha servido como conservante de alimentos, base para medicamentos y ha tenido desde siempre una fuerte carga simbólica en culturas y creencias de todo el mundo (Hueso y Petanidou 2011).

En el último siglo, la sal común ha dejado de tener el importante valor que antaño poseyó como conservante de alimentos y por tanto como mineral estratégico, pues la invención de otros métodos de conservación ha acabado con esa función tan esencial de la sal. Sin embargo, hoy en día han proliferado sus aplicaciones industriales, frecuentemente citadas como los “14.000 usos de la sal”¹. Debido a las exigencias de calidad de producto marcadas por la industria (<99% de pureza de cloruro sódico, grano ultrafino) y al mayor rendimiento económico, la sal ha pasado a obtenerse por procedimientos más

¹ (<http://www.salt.org.il>, <http://www.saltinstitute.org>, <http://www.saltworks.us>)

controlados y eficientes como la minería por disolución y la cristalización *vacuum*. Puesto que esta calidad es imposible de conseguir en las salinas de evaporación solar, el escaso mercado que le ha ido quedando a estas instalaciones salineras es para fines más convencionales y posiblemente menos rentables (p.ej. sal para deshielo de carreteras). Esto ha supuesto el fin de las salinas artesanales o semiindustriales, sobreviviendo tan sólo algunas salinas costeras industriales de gran tamaño y alguna pequeña salina con un mercado local aún vivo o que sencillamente sirve para el autoabastecimiento (Petanidou y Dalaka 2009). Si el abandono en sí mismo es una amenaza para el ecosistema, la desaparición del oficio salinero constituye una pérdida aún más dramática, pues deja de existir el conocimiento necesario para recuperar y gestionar adecuadamente este tipo de hábitat.

Además del abandono de la actividad salinera, las salinas como ecosistema se enfrentan a otro tipo de amenazas. Los cambios de uso de suelo, bien por intensificación de la agricultura o la ganadería en terrenos adyacentes, bien por presión urbanística, suelen hacer desaparecer por completo las condiciones salinas en el entorno, impidiendo la regeneración de este tipo de hábitat (Williams 2002, Hueso y Carrasco 2009a, b). Antaño también se practicaba el drenaje y la desecación de estos humedales, en aras de la mejora de la salud pública, pues se consideraban lugares insalubres. Un reto más actual es el cambio climático, que amenaza con inundar las salinas costeras y desecar las del interior. Aunque los registros arqueológicos demuestran que las salinas históricamente han sabido adaptarse a niveles de agua fluctuantes y a los manantiales de caudal irregular (G. García-Contreras, com. pers.), esta adaptación sería muy costosa hoy en día.

Pero quizá más preocupantes sean otras amenazas, menos tangibles pero más perdurables: La ignorancia, la indiferencia y la desidia. La ignorancia de los valores naturales de estos lugares por parte de sus propietarios, gestores y legisladores, ha hecho fomentar un cambio de usos basados en un modelo económico de rendimiento más rápido, pero a la larga más costoso (acuicultura intensiva, regadíos...). La indiferencia por parte de los agentes sociales y el público en general indica que aún hay mucho camino por recorrer en la concienciación y sensibilización sobre unos valores –los de las salinas en España– que por su abundancia y diversidad son únicos en el mundo. Finalmente, se detecta aún una importante desidia por parte de legisladores y administraciones a la hora de aunar voluntades entre los agentes implicados, crear normas coherentes en territorios complejos con múltiples competencias cruzadas (espacios generalmente protegidos, de titularidad y gestión privada, pero frecuentemente situados en el dominio público hidráulico) y, sobre todo, velar por que esas normas se cumplan y se sancione adecuadamente su violación (Hueso y Petanidou 2011, Hueso 2012). Mitigar estas amenazas a tiempo de evitar la desaparición de las salinas y la extinción del oficio salinero es un reto al que conviene enfrentarse cuanto antes.

4. Opciones de futuro para los paisajes de la sal

4.1 Hacia un modelo de gestión integrada

Hoy en día se está produciendo un cambio de rumbo modesto, pero relevante: algunas empresas salineras van teniendo un conocimiento más profundo del funcionamiento de los ecosistemas salinos y de su influencia en la producción de una sal de calidad, por lo que se están poniendo los medios para adecuar su gestión. La Asociación Europea de Productores de Sal (EuSalt) ha celebrado recientemente una conferencia en la que se ha resaltado la importancia de preservar la biodiversidad a la hora de producir sal y ha manifestado la necesidad de alcanzar un nuevo equilibrio económico en el que se incluya la conservación y mejora de la biodiversidad como activos empresariales, incluyendo a la industria salinera en las llamadas “tecnologías azules” (EuSalt 2012). Por otro lado, con el auge de los productos agroalimentarios de calidad, la sal artesanal ha experimentado un importante impulso, que se ha visto apoyado por medidas legislativas² y de financiación en el ámbito europeo (p. ej. ALAS³, SAL⁴, Ecosal Atlantis⁵). La mayoría de los consumidores de sal artesanal han aprendido a ver el producto en el contexto de su paisaje y de su paisanaje, y buscan el factor que les diferencie de otras sales similares. Surge así el incipiente movimiento de las sales con “denominación de origen”. Por todo ello, los productores ponen especial énfasis en el cuidado del hábitat para que resulte atractivo al consumidor de los bienes y servicios de su salina; para que aquel que compre su sal, se lleve un pedacito de territorio.

La Asociación de Amigos de las Salinas de Interior, con más de una década observando la gestión de los espacios salineros tanto en España como en el extranjero, ha propuesto un modelo de gestión integrada de las salinas que se basa en cuatro pilares (Hueso y Carrasco 2007): Conservación, educación, innovación y turismo. Como si de los pilares de un edificio se tratara, los cuatro sustentarán mejor a la salina que si sólo se basara su gestión en uno de ellos. Para que el modelo funcione, también es necesario un compromiso a largo plazo por parte de los agentes implicados, y una adecuada evaluación permanente de la gestión, lo que constituirían los cimientos del edificio. Y siguiendo con el símil arquitectónico, todo ello de fraguaría con una estrategia de participación abierta y honesta, que permita un enfoque de abajo a arriba que garantice la gobernanza del espacio, así como la motivación y el compromiso de todas las partes.

4.2 Conservación

Para que un ecosistema funcione, debe estar bien conservado. Y la mejor manera de conservar un paisaje es usándolo, si bien de forma racional. En este caso, una salina

² Décret n°2007-588 du 24 avril 2007 relatif aux sels destinés à l'alimentation humaine (Francia), Decreto-Lei 350/2007, de 19 de Outubro de 2007 (sal alimentar) y Portaria 72/2008, de 23 de Janeiro de 2008 (norma sal alimentar) (Portugal) y Real Decreto 1634/2011, de 14 de noviembre, por el que se modifica 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 la sal y salmueras comestibles (España)

³ <http://www3.aegean.gr/alas/>

⁴ <http://www.sal-atlantic.net/>

⁵ <http://ecosal-atlantis.ua.pt/>

debe, pues, producir sal. Sin la actividad productiva, los esfuerzos de conservación se harán mucho más costosos. En primer lugar, porque no se darían los procesos de forma natural, sino que habría que crearlos continuamente. Y en segundo lugar, porque no se obtendría un rédito por la actividad. Así, una salina en funcionamiento casi se conserva ella sola (Korovessis & Lekkas 1999, Margalef 1983). El mantenimiento de la actividad garantiza también la preservación del conocimiento del oficio salinero, por lo que se transmite ese *saber hacer* a futuros gestores de salinas, asegurando el reemplazo generacional (Viñals 2002a, 2002b).

4.3 Educación

Si las principales amenazas de las salinas son la ignorancia, la indiferencia y la desidia, las tareas de educación y concienciación son las armas más eficaces para combatirlas. Abrir una salina en funcionamiento al público y a los agentes implicados tiene un efecto muy beneficioso sobre aquellas personas más escépticas, da a conocer los valores ya reseñados aquí y muestra voluntad de colaboración y compromiso por parte de sus gestores. Las salinas como escenario educativo satisfacen además multitud de intereses, pues se pueden ver bajo el prisma de casi cualquier disciplina y a cualquier nivel de especialización, siendo campos abonados para el ámbito educativo formal y el de la interpretación del patrimonio. Prueba de ello es la ingente cantidad de publicaciones científicas de todo tipo de ámbito que tienen por escenario unas salinas (véase, sin ir más lejos, la bibliografía de este trabajo). Dado el fuerte carácter simbólico de la sal, tienen también un gran interés para el público en general. Si la salina está viva, es decir, funcionando, se puede ver y vivir cómo se produce esa preciada sustancia, lo cual contribuye a fomentar el sentido de identidad y pertenencia en el visitante local y a un sentimiento de admiración en el foráneo.

4.4 Turismo

El turismo fue, durante mucho tiempo, la palabra mágica para rescatar al patrimonio natural y cultural amenazado. Ya se ha demostrado que eso no es así, al menos si basamos la estrategia de recuperación exclusivamente en ello. Sin embargo, una salina sí tiene potencial para atraer al turismo y conviene explotarlo con inteligencia. Dado el carácter multidisciplinar de la sal, se puede ofrecer una experiencia personalizada al visitante, adecuada a sus intereses e inquietudes. La creación de sinergias con otros negocios y otros patrimonios cercanos puede generar oportunidades de negocio que graviten en torno a un turismo de especializado y de calidad (Petanidou *et al.* 2002). Como ejemplo, durante la feria de la sal de Aveiro (Portugal), los restaurantes locales ofrecen platos preparados con la sal local. Además, la posibilidad de ver un lugar productivo en funcionamiento e incluso participar activamente del proceso, ofrece al visitante una experiencia difícil de olvidar. Más aún si va a consumir ese mismo producto una vez en casa, recordando grano a grano el pedazo de paisaje que tiene el salero.

4.5 Innovación

Las salinas producen sal. Pero además, como se ha visto, pueden generar otros subproductos perfectamente compatibles con la conservación de sus valores naturales. Desde productos artesanales basados en las materias primas del entorno (arcillas, carrizo, salmuera, sal...) hasta las aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos halófilos, una salina puede convertirse en un negocio innovador. La propia sal, según se coseche y se presente, puede ser enormemente innovadora. En Francia, la sal de color gris que se producía en Bretaña era considerada de baja calidad y ello estuvo a punto de causar el cierre de estas salinas. Hoy en día esa misma *sel gris* es un producto gastronómico de alta calidad con oligoelementos de elevado valor nutritivo. La innovación también puede percolar a otras áreas de gestión, como el turismo, la conservación o la educación... y el cómo todo ello se comunica al visitante, a la administración o a cualquier otra persona que se aproxime a ella (Petanidou 2000, Petanidou et al. 2002)

5. Conclusiones: Una biodiversidad muy salada

Los valores naturales de las salinas no sólo constituyen un pilar fundamental para su funcionamiento como instalaciones productivas, sino que se ven conservados y mejorados por la propia actividad salinera. Así, son elementos mutuamente dependientes que conviene gestionar y aprovechar como conjunto. Este es un mensaje que comienza a calar entre gestores de salinas y que poco a poco se va a ir trasladando al resto de la opinión pública. Sin embargo, el patrimonio natural de las salinas está amenazado por el abandono tangible e intangible que con el arraigo y la inercia de prácticas poco sostenibles, resulta difícil de mitigar. Por ello es necesario actuar con diligencia: Acciones como la innovación y la conservación y sectores como la educación y el turismo, pueden apoyar a los gestores de las salinas en la tarea de mejorar la gobernanza de estos espacios, dar a conocer los valores de las salinas y cómo contribuyen éstos al sostén y mejora de la biodiversidad, tanto dentro como fuera de su proceso productivo, y para que el público vea a la sal más allá de su mantel.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto comunitario Interreg IV B *ECOSAL Atlantis* "Ecoturismo en salinas del Atlántico: una estrategia de desarrollo integral y sostenible" y recoge en parte las conclusiones de la Conferencia Internacional "Biodiversity, Sustainability and Solar Salt" organizada por EuSalt, que tuvo lugar el pasado mes de mayo en Sevilla. Agradecemos además a Theodora Petanidou las numerosas y enriquecedoras discusiones sobre los temas aquí tratados.

Referencias

- 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
- Abellán, P., Sánchez-Fernández, D., Ribera, I., Velasco, J. & Millán, A. (2005a). *Ochthebius glaber* (Coleoptera, Hydraenidae), un coleóptero acuático endémico de la Península Ibérica con elevada especificidad de hábitat. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 36: 9–14
- Abellán, P., Sánchez-Fernández, D., Velasco, J. & Millán, A. (2005b) Assessing conservation priorities for insects: status of water beetles in southeast Spain. *Biological Conservation* 121: 79-90
- Alonso, M. (1985) A survey of the Spanish Euphyllopoda. *Misc. Zool.* 9: 179-208
- Amat, F., Hontoria, F., Navarro, J. C., Vieira, N. & Mura, G. (2007) Biodiversity loss in the genus *Artemia* in the western Mediterranean region. *Limnetica* 26: 177–194
- Amat, F., Hontoria, F., Ruiz, O., Green, A., Sanchez, M., Figuerola, J. & Hortas F. (2005) The American brine shrimp as an exotic invasive species in the Western Mediterranean. *Biological Invasions* 7: 37–47
- Antón, J., Rosselló-Mora, R., Rodríguez-Valera, F. & Amann R. (2000) Extremely halophilic Bacteria in crystallizer ponds from solar salterns. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 3052–3057
- Antrop, M. (2005) Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning* 70 (1-2): 21–34
- Arias, A. M. & Drake, P. (2005) Peces en las salinas El ejemplo de la Bahía de Cádiz *Medio Ambiente* 51. url: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/contenidoExterno/Pub_revistama /revista_ma51/ma51_12.html Descargado el 20 de octubre de 2012
- Béchet, A., Germain, C., Sandoz, A., Hirons, G. J. M., Green, R. E., Walmsley, J. G. & Johnson, A. R. (2009) Assessment of the impacts of hydrological fluctuations and salt pans abandonment on greater flamingos in the Camargue, south of France. *Biodivers. Conserv.* 18: 1575-1588
- Ben-Amotz, A., & Avron, M. (1989) The biotechnology of mass culturing *Dunaliella* for products of commercial interest. In: Cresswell, R. C., Rees, T. A. V. & Shah, S. (Eds.) *Algal and cyanobacterial biotechnology*, Longman, New York, U. S. A. pp. 91-114
- Benlloch, S., López-López, A., Casamayor, E. O., Øvreås, L., Goddard, V., Daae, F. L., et al. (2002) Prokaryotic genetic coastal diversity throughout the salinity gradient of a coastal solar saltern. *Environmental Microbiology* 4: 349–360
- Blondel, J. & Aronson, J. (1999) *Biology and wildlife of the Mediterranean region*, Oxford University Press, Oxford, Reino Unido
- Bradley, P. (1997) Coastal habitats. En: Tucker, G. M. & Evans, M. I. (Eds.) *Habitats for birds in Europe*. BirdLife Conservation Series 6. BirdLife International, Cambridge, Reino Unido, pp: 93-123
- Breckle, S.-W. (1990) Salinity tolerance of different halophyte types. En: El Bassam, N. et al. (Eds.) *Genetic aspects of plant nutrition*. Kluwer, Dordrecht, Países Bajos, pp. 167-175

- Breckle, S.-W. (2002) Salinity, halophytes and salt affected natural ecosystems. En: Lauchli, A. & Luttge, U. (Eds.) *Salinity: Environment – plants – molecules*, Kluwer Acad. Pub.: pp. 53-77
- Campillo, S., Serra, M., Carmona, M. J., Gomez, A. (2011) Widespread secondary contact and new glacial refugia in the halophilic rotifer *Brachionus plicatilis* in the Iberian Peninsula. *PLoS ONE* 6(6): e20986
- Carrasco Vayá, J.-F. & Hueso Kortekaas, K. (Coords.) (2008) *Los paisajes ibéricos de la sal. 1. Las salinas de interior*. Asociación de Amigos de las Salinas de Interior, Guadalajara, España. 156 pp.
- Casamayor, E. O., Massana, R., Benlloch, S., vreas, L., Díez, B., Goddard, V., Gasol, J. M., Join, I., Rodríguez-Valera, F. & Pedrós-Alió, C. (2002) Changes in archaeal, bacterial and eukaryal assemblages along a salinity gradient by comparison of genetic fingerprinting methods in a multipond solar saltern *Environmental Microbiology* 4: 338-348
- Castro, H. (1993) *Las Salinas de Cabo de Gata. Ecología y dinámica anual de las poblaciones de aves en las Salinas de Cabo de Gata (Almería)*. Colección Investigación 18. Instituto de Estudios Almerienses (Diputación Provincial de Almería), Almería, España. 529 pp.
- Castro Carrera, J. C. (2006) La salina romana de O Areal, Vigo (Galicia). En: J.-Cl. Hocquet y J.-L. Sarrazin (Eds.) *Le Sel de la Baie. Histoire, archéologie, ethnologie des sels atlantiques*, Rennes, Francia. pp. 105-122
- Cirujano, S. & Medina, L. (2002) *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla – La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha & Real Jardín Botánico/C.S.I.C. , Toledo, España. pp. 263–288
- Cirujano, S., Montes, C., Martino, P., Enríquez, S. & García Murillo, P. (1988) Contribucion al estudio del Genero *Riella*. Mont. (Sphaerocarpaceae, Riellaceae) en España. *Limnetica* 4: 41-50
- Coleman, M.U. & White, M.A. (1993) The role of biological disturbances in the production of solar salt. *Seventh Symposium on Salt* 1: 623-631
- Cronon, W. (1996) The trouble with wilderness: Or, getting back to the wrong nature. *Environmental History* 1 (1): 7-28
- DasSarma, P., Coker, J. A., Huse, V. & DasSarma, S. (2010) Halophiles, Biotechnology. En: M. C. Flickinger (Ed.) *Encyclopedia of industrial biotechnology, bioprocess, bioseparation and cell technology*, pp: 2769-2777
- Davis, J. S. (1974) Importance of microorganisms in solar salt production En: A.H. Coogan (Ed.), *Fourth Symposium on Salt*. Northern Ohio Geological Society, Cleveland, EEUU. pp. 369-372
- Davis, J. S. (1980) Biological management of solar saltworks. In: Coogan, A. H. & Hauber, L. (Eds.) *Proceedings of the 5th international Symposium on Salt. Vol. 1*. Northern Ohio Geological Society, Cleveland, EEUU. pp: 265-268
- Davis, J. S. (1993) Biological management for problem solving and biological concepts for a new generation of solar saltworks. *Seventh International Symposium on Salt* 1: 611-616
- Davis, J. S. (2000) Structure, function and management of the biological system for seasonal solar saltworks. *Global NEST Journal* 2: 217-226
- Davis, J. S. (2006) Biological and physical management information for commercial solar saltworks. *Proceedings of the 1st International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks (CEISSA 2009)* 20-22 Octubre 2006, Santorini, Grecia. pp:5-14

- Davis, J. S. (2009) Management of biological systems for continuously – operated solar saltworks. *Global NEST Journal* 11(1): 73-78
- Davis, J. & Giordano, M. (1996) Biological and physical events involved in the origin, effects, and control of organic matter in solar saltworks. *International Journal of Salt Lake Research* 4: 335-347
- Dias, M. (2009) Use of salt ponds by wintering shorebirds throughout the tidal cycle. *Waterbirds* 32(4): 531-537
- Díaz Pineda, F. (2003) *Paisaje y territorio*. Colección Mediterráneo Económico 4: "Mediterráneo y Medio Ambiente", Caja Rural Intermediterránea & Instituto de Estudios Socioeconómicos de Cajamar
- Dyll-Smith, M., Tang, S.-L. & Bath, C. (2003) Halobacterial viruses: how diverse are they?, *Res. Microbiol.*, 154: 309–31
- EuSalt (2012) Conclusions from EuSalt's Conference on Biodiversity, Sustainability & Solar Salt. url: <http://www.eusalt.com/> Descargado el 20 de octubre de 2012
- Finlayson, C.M. & Davidson, N.C. (1999) Global review of wetland resources and priorities for wetland inventory: summary report. En: Finlayson, C.M. & Spiers, A.G. (Eds.) *Global review of wetland resources and priorities for wetland inventory*. 2ª edición. Wageningen, Países Bajos; Wetlands International and Jabiru, Australia; Environmental Research Institute of the Supervising Scientists.
- Gajardo, G. M., Sorgeloos, P. & Beardmore, J. A. (2006) Inland hypersaline lakes and the brine shrimp *Artemia* as simple models for biodiversity analysis at the population level. *Saline Systems* 2, 14
- Galinski, E. A. & Louis, F. (2002), Biotechnological applications and potentials of halophilic microorganisms. En: Oren, A. (Eds.), *Halophilic microorganisms and their environments*, Kluwer Acad. Pub. Dordrecht, Países Bajos. pp: 357-388
- Galinski, E. A. & Tindall, B. J. (1992) Biotechnological prospects for halophiles and halotolerant microorganisms. En: Herbert, R. A. & Sharp, R. J. (Eds.) *Molecular biology and biotechnology of extremophiles*. Blackie, Glasgow, Reino Unido. pp. 76-114
- Geslin, T., Lefeuvre, J.-C., Le Pajolec, Y., Questiau, S. & Eybert M.C. (2002) Salt exploitation and landscape structure in a breeding population of the threatened bluethroat (*Luscinia svecica*) in salt-pans in western France. *Biological Conservation* 107: 283–289
- Green, A. J., Sánchez, M. I., Amat, F., Figuerola, J., Hontoria, F., Ruiz, O. & Hortas, F. (2005) Dispersal of invasive and native brine shrimps *Artemia* (Anostraca) via waterbirds. *Limnology and Oceanography* 50: 737–742
- Guixa-Boixareu, N., Calderón-Paz, J. I., Heldal, M., Bratbak, G. & Pedrós-Alió, C. (1996) Viral lysis and bacterivory as prokaryotic loss factors along a salinity gradient. *Aquat. Microb. Ecol.* 11: 215–227
- Hocquet, J.-C. (1985), *Le Sel et le Pouvoir*, Ed. Albin Michel, Paris, Francia
- Hueso Kortekaas, K. (2012) Why do inland salinas matter? Inland salinas as biodiversity islands in a sea of land (A literature review). *Proceedings of the Conference on Solar Salt, Sustainability and Biodiversity*, Sevilla, España, 22-23 Mayo 2012 (en prensa)
- Hueso Kortekaas, K. & Carrasco Vayá, J.-F. (2007) *El paisaje de la sal de interior. Valores para un desarrollo socioeconómico responsable*. En: Morère, N. (Ed.) *Inland salt and salinas in History: Economy, environment and society*. Madrid, España, pp: 1043-1060

- Hueso, K. & Carrasco, J.-F. (2008) Las salinas de los espacios naturales protegidos de la provincia de Guadalajara. Asociación de Amigos de las Salinas de Interior, Guadalajara, España. pp: 23–76
- Hueso Kortekaas, K. & Carrasco Vayá, J.-F. (Coords.) (2009a) *Los paisajes ibéricos de la sal. 2. Humedales salinos de interior*. Asociación de Amigos de las Salinas de Interior, Guadalajara, España. 167 pp.
- Hueso, K. y Carrasco, J.-F. (2009b), Biodiversity of inland saltscapes of the Iberian peninsula, in *Saline lakes around the world: Unique systems with unique values*. In *Natural Resources and Environmental Issues* (Vol. XV), eds. S. J. and Jessie E. Quinney, Logan, EEUU: Natural Resources Research Library, pp. 163-171
- Hueso Kortekaas, K. & Petanidou, T. (2011) Cultural aspects of Mediterranean salinas. In: Thymio Papayannis & Dave Pritchard (Eds.) *Culture and wetlands in the Mediterranean: An evolving story*. Med-INA, Athens, Grecia. pp: 213-226
- Javor, B. J. (1983) Planktonic standing crop and nutrients in a saltern ecosystem. *Limnol. Oceanogr.* 28, 153-159
- Javor, B. J. (1989) *Hypersaline environments*, Brock-Springer Verlag, Berlin, Alemania. 414 pp.
- Javor, B. J. (2002) Industrial microbiology of solar salt production. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 28: 42–47
- Jones, A. G., Ewing, C. M. & Melvin, M. V. (1981) Biotechnology of solar saltfields *Hydrobiologia* 82: 391-406
- Kanekar, P. P., Kanekar, S. P., Kelkar, A. S. & Dhakephalkar, P. K. (2012) Halophiles – Taxonomy, diversity, physiology and applications. En: Satyanarayana *et al.* (Eds.) *Microorganisms in environmental management: Microbes and environment*. Springer Science and Business Media, Países Bajos. pp. 1-34
- Korovessis, N. A. & Lekkas, T. D. (1999), Solar saltworks production process evolution – wetland function. *Proceedings of the Post Conference Symposium SALTWORKS: Preserving Saline Coastal Ecosystems*-Global NEST, 11-30 Septiembre 1999, Samos, Grecia
- López Carrique, E., Castro, H., Aguilera, P. A. & Martínez J. L. (1996) Factores físico-químicos condicionantes de la diversidad biológica en zonas hipersalinas, Salinas de Cabo de Gata (Almería). *Actas del IV Simposio sobre el Agua en Andalucía* 2: 427–436
- Mancinelli, R.L. (2005) Microbial life in brines, evaporite and saline sediments: The search for life in Mars. En: Tokano, T. (Ed.) *Water on Mars and life, Adv. Astrobiol. Biogeophys.*: 277-297
- Margalef, R. (1983) *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona (Spain)
- Margesin, R. & Schinner, F. (2001) Potential of halotolerant and halophilic microorganisms for biotechnology. *Extremophiles* 5: 73– 83
- Margheri, M. C., Tredecì, M. R., Barsant, L. & Balloni, W. (1987) The photosynthetic community of the Trapani saline lagoons: an alternative option for the exploitation of an extreme environment. *Ann.Microbiol.* 37, 203-215
- Masero, J. A. (2003) Assessing alternative anthropogenic habitats for conserving waterbirds: salinas as buffer areas against the impact of natural habitat loss for shorebirds. *Biodivers. Conserv.* 12: 1157-1173
- de Medeiros Rocha, R. & Camara, M.R. (1993) Prediction, monitoring and management of detrimental algal blooms on solar salt production in north-east Brazil, *Seventh Symposium on Salt* 1, 657-660

- Montes, C. & Martino, P. (1987) Las lagunas salinas españolas. In: *Bases científicas para la protección de los humedales en España*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, España. pp: 95-146
- Montes, C., Oliver, G., Molina, F. & Cobos, J. (1995) *Bases ecológicas para la restauración de humedales en la cuenca mediterránea*. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía), Sevilla, España. 348 pp.
- Moreno, J. L., Gerecke, R. & Tuzovskij, P. (2008) Biology and taxonomic position of an ovoviviparous water mite (Acari: Hydrachnidia). *Aquatic Insects* 30 (4): 307-317
- Multhauf, R. P. (1985), *El legado de Neptuno. Historia de la Sal Común*. Ed. Fondo de Cultura Económica, México D.F., Mexico.
- MultiAveiro (2007) *3º Relatório de progresso - Revitalização e valorização económica do salgado de Aveiro. Estudo de mercado*. Câmara Municipal de Aveiro no âmbito do Projecto Sal do Atlântico-Interreg IIIB, Aveiro (Portugal). Informe no publicado.
- Muñoz Arroyo, G., Masero Ossorio, J. A., Pérez Hurtado, A. & Castro Casas, M. (1997) Uso de salinas industriales como hábitats de reproducción por la cigüeñuela (*Himantopus himantopus*) y la avoceta (*Recurvirostra avosetta*) en el Parque Natural de la Bahía de Cádiz (SW de España). *Actas de las XII Jornadas Ornitológicas Españolas*, Almería, España, 15-19 Septiembre 1994. pp. 165-179
- Muñoz, J., Gómez, A., Green, A. J., Figuerola, J., Amat, F. & Rico, C. (2008) Phylogeography and local endemism of the native Mediterranean brine shrimp *Artemia salina* (Branchiopoda: Anostraca). *Mol. Ecol.* 17: 3160–3177
- Múrias, T., Cabral, J. A., Lopes, R., Marques, J. C. & Goss-Custard, J. (2002) Use of traditional salines by waders in the Mondego estuary (Portugal): A conservation perspective. *Ardeola* 49: 223–240
- Neves, R. & Rufino, R. (1995) Importância ornitológica das salinas: o caso particular do Estuário do Sado. *Estudos de Biologia e Conservação da Natureza* 15: 1-12
- Oren, A. (2002) Diversity of halophilic microorganisms: environments, phylogeny, physiology, and applications. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 28: 56-63
- Oren, A. (2005) Microscopic examination of microbial communities along a salinity gradient in saltern evaporation ponds: a “Halophilic safari”. En: Gunde-Cimerman, N. et al. (Eds.) *Adaptation to life at high salt concentrations in Archaea, Bacteria, and Eukarya*. Springer, Países Bajos. pp: 41-57
- Oren, A. (2010) Industrial and environmental applications of halophilic microorganisms. *Environmental Technology* 31(8-9): 825-834
- Oren, A. & Dubinsky, Z. (1994) On the red coloration of saltern crystallizer ponds. Additional evidence for the coloration of halobacterial pigments. *International Journal of Salt Lake Research* 3: 9-13
- Oren, A. & Rodríguez-Valera, F. (2001) The contribution of *Salinibacter* species to the red coloration of saltern crystallizer ponds. *FEMS Microbiol. Ecol.* 36, 123-130
- Ortego, J., Aguirre, M. P. & Cordero, P. J. (2011) Landscape genetics of a specialized grasshopper inhabiting highly fragmented habitats: a role for spatial scale. *Diversity and Distributions* 1-12
- Pedrós-Alió, C., Calderón-Paz, J. I., MacLean, M. H., Medina, G., Marrasé, C., Gasol, J. M. & Guixa-Boixareu, N. (2000) The microbial food web along salinity gradients. *FEMS Microbiol. Ecol.* 32:143–155

- Pérez-Hurtado, A., Hortas, F., Ruiz, F. & Solís, F. (1993) Importancia de la Bahía de Cádiz para las poblaciones de limícolas invernantes e influencia de las transformaciones humanas. *Ardeola* 40: 133–142
- de Person, F. (1999), *Contrabandiers du Sel*. Éditions Ouest-France, Rennes, Francia.
- Persoone, G. & Sorgeloos, P. (1980) General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. In: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. & Jaspers, E. (Eds.) *The brine shrimp, Artemia, Vol. 3, Ecology, culturing, use in aquaculture*. Universa Press, Wettere, Bélgica. pp. 1-24
- Petanidou T. (1997) Salt – Salt in European History and Civilization, Hellenic Saltworks S.A., Atenas, Grecia.
- Petanidou T. (2000) The postmodern saline landscape in Greece and the European Mediterranean: salinas for salt or what? In: Saltworks: Preserving saline coastal ecosystems, Korovessis N. and Lekkas T.D.eds., Global NEST – Hellenic Saltworks S.A., Atenas, Grecia.
- Petanidou, T., Dahm, H. & Vayanni, L. (2002) *Salt and salinas as natural resources and alternative poles for local development*. University of the Aegean, Mytilini, Grecia.
- Petanidou T. and Dalaka A. (2009) Mediterranean's changing saltscapes: a study of mapping and evaluating the salt-making business in Greece. *GNEST: The International Journal* 11: 415-433
- Picazo, F., Moreno, J.L. & Millán, A. (2009) The contribution of standing waters to aquatic biodiversity: the case of water beetles in southeastern Iberia. *Aquat. Ecol.* 44: 205–216
- Rufino, R. & Neves, R. (1992) The effect on wader populations of the conversion of salinas into fishfarms. *IRWB Special Publication* 20: 177-182
- Ruiz Navarro, A., Oliva-Paterna, F. J. & Torralva, M. (2007) Somatic condition of *Aphanius iberus* (Valenciennes, 1846) in Marchamalo wetland (Mar Menor; SE Spain): Effects of management. *Anales de Biología* 29: 53-59
- Sadoul, N., Walmsley, J. & Charpentier, B. (1998) *Salinas and nature conservation*. MedWet, Tour du Valat, Francia. pp: 71–82
- Sánchez-Fernández, D., Abellán, P., Camarero, F., Esteban, I., Gutiérrez-Cánovas, C., Ribera, I., Velasco, J. & Millán, A. (2007) Los macroinvertebrados acuáticos de las Salinas de Añana (Álava, España): biodiversidad, vulnerabilidad y especies indicadoras. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 40: 233-245
- Sánchez-Fernández, D., Abellán, P., Velasco, J. & Millán, A. (2004) Selecting areas to protect the biodiversity of aquatic ecosystems in a semiarid Mediterranean region using water beetles. *Aquatic Conservation – Marine and Freshwater Ecosystems* 14 (5): 465-479
- 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* 35: 265-273
- Sandaa, R. A., Skjoldal, E. F. & Bratbak, G. (2003) Virioplankton community structure along a salinity gradient in a solar saltern. *Extremophiles* 7: 347-351
- Santos, F., Yarza, P., Briones, C., Parro, V. & Antón, J. (2010) The metavirome of a hypersaline environment. *Environ. Microbiol.* 12: 2965–2976

- Sripanomyom, S., Round, P., Savini, T., Trisurat, Y. & Gale, G. (2011) Traditional salt-pans hold major concentrations of overwintering shorebirds in Southeast Asia. *Biological Conservation* 144: 526- 537
- Sundaresan, S., Ponnuchamy, K. & Rahaman, A. A. (2006) Biological management of Sambhar lake saltworks (Rajasthan, India). *Proceedings of the 1st International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks*, 20-22 Octubre 2006, Santorini, Grecia. pp: 199-208
- Takekawa, J. Y., Lu, C. T. & Pratt, R. T. (2001) Avian communities in baylands and artificial salt evaporation ponds of the San Francisco Bay estuary. *Hydrobiologia* 466: 317–328
- Triest, L. & Sierens, T. (2009) High diversity of *Ruppia* meadows in saline ponds and lakes of the western Mediterranean. *Hydrobiologia* 634: 97–105
- Velasco, J. & Millán, A. (2003) Charcas, salinas y acequias. Ecosistemas acuáticos en peligro de extinción. In: Esteve, M. A., Llorens, M. & Martínez, C. (Eds.) *Los recursos naturales de la Región de Murcia: Un análisis multidisciplinar*. Universidad de Murcia, Murcia (Spain) pp. 121-123
- 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
- Velasquez, C.R. (1992) Managing artificial salt pans as a waterbird habitat: species' responses to water level manipulation. *Col. Waterbirds* 15: 43–55
- Ventosa, A. & Nieto, J. J. (1995) Biotechnological applications and potentialities of halophilic microorganisms. *World J. Microb. Biotechnol.* 11: 85– 94
- Verdú, J.R., Galante, E. (2006) *Libro Rojo de los Invertebrados de España*. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España. pp. 131-132
- Viñals, M. J. (2002a) *El patrimonio cultural de los humedales*, Ministerio de Medio Ambiente, D.G. de Conservación de la Naturaleza, Madrid, España.
- Viñals, M. J. (2002b) *Herramientas para la gestión del turismo sostenible en humedales*, Ministerio de Medio Ambiente, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid, España.
- Walmsley J. G., (1999) The ecological importance of Mediterranean salinas. *Proceedings of the Post Conference Symposium SALTWORKS: Preserving Saline Coastal Ecosystems-Global NEST*, 11-30 Septiembre 1999, Samos, Grecia. pp. 81-95.
- Williams, D. R. y Stewart, S. I. (1998) Sense of place: An elusive concept that is finding a home in ecosystem management *Journal of Forestry* 96 (5): 18-23
- Williams, W. D. (2002) Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025, *Environmental Conservation*, 29, 154–167
- Zafrilla, B., Martínez-Espinosa, R. M., Alonso, M. A., Bonete, M. J. (2010) Biodiversity of Archaea and floral of two inland saltern ecosystems in the Alto Vinalopó Valley, Spain. *Saline Systems* 6: 10