

La regeneración de las marismas del río Arillo

Juan José Muñoz Pérez, Ángel de la Casa Alonso,
Gisela Lorán Benavent y Miguel Ángel Avila Puyana



DESCRIPTORES
RÍO ARILLO
MARISMAS MAREALES
ESPACIO NATURAL PROTEGIDO
SALINAS
CANAL MAREAL
MOLINO MAREAL
BAHÍA DE CÁDIZ
REGENERACIÓN HÍDRICA
RESTAUERACIÓN
PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO
AVIFAUNA
ACUICULTURA
COMPUERTAS
LITORAL

Las marismas mareales y las explotaciones salineras tradicionales de la bahía de Cádiz constituyen en la actualidad un importante y singular enclave dentro de la red costera de zonas húmedas andaluzas. Con 2.500 hectáreas, y a unos 30 kilómetros del Parque Nacional de Doñana, estos humedales poseen un gran significado internacional. Ello se debe a su localización en la ruta migratoria Europa-África de las aves y al hecho de que, al contrario que en las marismas interiores presentes en Doñana, éstas mantienen los niveles de inundación durante todo el año, lo que multiplica su interés sobre todo para la avifauna. Las colonias de nidificación de charrancitos (*Sterna albifrons*), avocetas (*Recurvirostra avosetta*), cigüeñuelas (*Himantopus himantopus*), chorlitejos patinegros (*Charadrius alexandrinus*) y la presencia habitual del flamenco rosa (*Phoenicopterus ruber*) son algunos de sus más importantes valores (Fig. 1).

El interés de la Junta de Andalucía por la conservación de los valores naturales del área hizo posible su declaración como espacio natural protegido, con el nombre de Parque Natural de la Bahía de Cádiz.

Las marismas de la bahía se extienden por todo el borde litoral interno de la misma, entre la roca ostonera sobre la que se asientan las ciudades de Cádiz, San Fernando, Puerto de Santa María, Puerto Real y Chiclana. Aparecen surcadas por numerosos canales o caños que, a modo de grandes arterias, hacen de vías de conducción de las aguas que diariamente entran y salen merced a las oscilaciones mareales. Éstas inundan la marisma en las pleamares y la dejan al descubierto en las bajamares. Sin embargo, las marismas en estado natural han desaparecido en su mayoría, pues las que no han sido desecadas para asentamientos residenciales o industriales han sido transformadas en salinas.

El río Arillo constituye aproximadamente el 25% del sistema húmedo de la bahía de Cádiz y se sitúa dentro del área metropolitana que constituyen, entre otras, las ciudades de Cádiz y San Fernando. Este es un importante factor a tener en cuenta, ya que las áreas urbanas son auténticas islas dentro de un paisaje marismeño sobre el que presiona tanto la demanda de suelo urbanizable como la necesidad de espacios socio-recreativos para el disfrute de los ciudadanos (Fig. 2).

Las marismas del río Arillo albergan antiguas salinas, ahora abandonadas y dedicadas a una explotación acuícola extensiva, que es actualmente la actividad de mayor peso. También tiene importancia el marisqueo, que se realiza principalmente en el saco interior de la bahía, libre o bien en los campos de cultivo existentes. La pesca deportiva no se practica demasiado en la zona, probablemente porque no existen instalaciones adecuadas, dado que la demanda existente para este tipo de actividad es grande. La actividad cinegética cobra importancia puntualmente, sobre todo la caza de anátidas, pero de manera furtiva y marginal.

Otro uso importante que históricamente se viene realizando del suelo en la zona es el militar. Se puede decir que las marismas del río Arillo están limitadas por instalaciones militares, salvo en la zona del saco interior.

Respecto a los espacios libres y de ocio, los habitantes de Cádiz y San Fernando utilizan principalmente las playas y las escasas zonas arboladas existentes. Dada la limitación de suelo que tienen ambos municipios, existe una gran demanda de usos recreativos. Así, por ejemplo, el manchón de Santibáñez viene siendo utilizado por los habitantes de Cádiz, ya casi de forma tradicional, como lugar de esparcimiento. En San Fernando, esta tendencia parece más dirigida a la playa de Camposoto y alrededores.

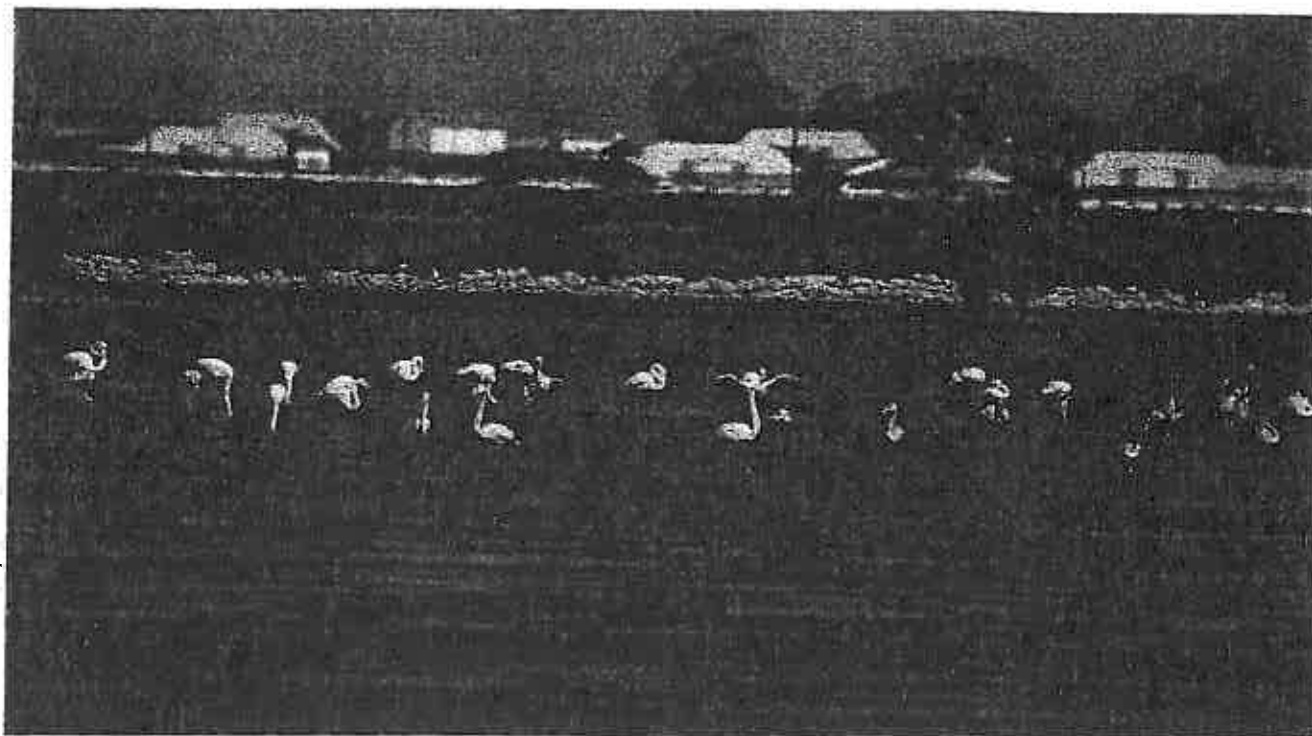


Fig. 1. Flamencos en las marismas del río Arillo.



Fig. 2. Situación del río Arillo en la bahía de Cádiz.

Los problemas y su origen

Los estudios que sirvieron de base a las propuestas de actuación demuestran que la causa principal que originó el proceso de desecación fue el abandono de la actividad en las explotaciones salineras tradicionales. La primera gran transformación en el paisaje tradicional tuvo lugar cuando el canal mareal natural (río Arillo) fue modificado en el siglo XV para el desarrollo de las actividades salineras. El entramado natural de caños mareales, en las marismas de la bahía, fue sustituido por el diseño característico de redes de canales que alimentaban a las explotaciones salineras. El ciclo natural de influencia mareal en la zona fue también alterado por la construcción de molinos mareales que mediante el represamiento de los caños y un sistema de compuertas regulaban los niveles de agua, permitiendo su funcionamiento y la molienda del trigo que abastecía de harina a las ciudades de Cádiz y San Fernando. La construcción de las instalaciones salineras dejó amplias áreas de la marisma natural sin ocupar y, por tanto, libres de cualquier impacto, por lo que la nidificación de las colonias de aves continuó, aunque con una lógica ligera reducción.

Este sistema de uso del espacio marismeño se desarrolló durante siglos hasta el final de los años sesenta, cuando este tradicional sistema de extracción de sal no pudo competir con los grandes explotaciones industriales que se establecieron en la zona. Sin embargo, estos modernos sistemas de extracción también han demostrado ser bastante compatibles con la preservación de los ecosistemas, pues es patente la presencia de gran cantidad de peces, camarones, flamencos y limícolas.

Cuando la actividad salinera fue interrumpida, el flujo mareal y el nivel de inundación en las salinas abandonadas pasó a ser regulado exclusivamente con el fin de permitir que los antiguos esteros (embalses de agua de las salinas) permitie-

También han proliferado en la zona asentamientos ilegales, como los existentes en el borde de la carretera a Campototo, en Santibáñez y en el caño de la salina de San Miguel.

En los últimos años, los sistemas representados tanto por las marismas mareales como por las tradicionales explotaciones salineras, han estado experimentando un dramático proceso de regresión y desecación que afecta muy negativamente a estos ecosistemas. Por ello la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente encargó¹ la definición de unas propuestas de actuación con el doble objetivo de la regeneración hídrica del sistema y del diseño de áreas para el desarrollo de actividades socio-recreativas.



sen su aprovechamiento pesquero. Ello derivó en que el mantenimiento de las estructuras salineras sólo se realizara sobre los caños principales de alimentación hídrica y dichos esteros, provocando el deterioro y colmatación del resto del sistema.

En la zona de actuación del estudio, se puede describir, con anterioridad a la situación de abandono de las explotaciones salineras, cómo la corriente mareal fluía por dos canales, de 2.500 metros de longitud y de 12 a 15 metros de ancho, cuyo inicio se encontraba en el almacenamiento de agua que definían el propio río Arillo y las compuertas de regulación situadas en el molino de marea del mismo nombre. Este embalse se lograba gracias a las puertas basculantes del molino que, abiertas por la marea alta, eran cerradas por el propio flujo que retornaba con el inicio de la bajamar. De esta manera el flujo hídrico sólo accedía a las zonas de explotación salinera por dichos canales.

Mientras estuvo operativo, este esquema de funcionamiento hacía posible una eficaz renovación hídrica del estuario, de manera que las áreas permanecían inundadas y con una escasa turbidez del agua, favoreciendo la colonización y el desarrollo de plantas sumergidas (principalmente *Ruppia cirrhosa*). Esas características fisicoquímicas permitieron una elevada biodiversidad en la zona, y trajeron con el tiempo el nacimiento de la industria acuícola, ya que los peces de esas aguas eran de muy buena calidad y, por tanto, muy valorados desde el punto de vista culinario.

Fue el ensanche de la antigua carretera (San Fernando-Cádiz), que discurría paralela a los canales de alimentación del sistema de salinas, lo que provocó un severo proceso de obstrucción hídrica por la reducción en anchura del cauce de éstos. De esta forma, una superficie cercana a las 300 hectáreas sufrió un constante proceso de desecación y estancamiento, de tal manera que la inundación diaria y la abundancia de peces y macrófitas fueron sustituidas por suelo salino, cuarteado por la sequía. La calidad del agua del canal central también decreció paralelamente a la disminución de la renovación hídrica mareal.

La actividad salinera

La actividad salinera en la bahía de Cádiz está a caballo entre lo rural y lo industrial. Se define como una actividad extractiva que implica una vinculación estrecha e incuestionable a ciertos componentes del medio físico y sólo posible si se efectúa una roturación previa del espacio, es decir, si es creada.

El laboreo salinero constituye un proceso que, aunque aparentemente simple y esquemático, encierra un conjunto de prácticas y técnicas precisas y rigurosas. La realización de estas actividades ha ido configurando una peculiar relación del hombre con la naturaleza, en definitiva, un sistema cultural que podríamos llamar "cultura de la sal", de un elevado interés etnográfico, antropológico e, incluso, sociolingüístico, por la generación de un argot propio.

La actividad salinera se divide en tres etapas: la roturación o preparación de la salina, la producción propiamente dicha y, por último, el transporte, amontonamiento y salida del producto. Cada salina dispone de un conjunto de depósi-

tos de agua de distinta morfología, excavados en la marisma y que van siendo atravesados por el agua en el proceso de fabricación. Se agrupan en tres zonas: de captación y almacenamiento de agua, de evaporación y de cristalización. Aproximadamente el 30% de la superficie de la salina corresponde a muros y accesos, otro 30% a almacenamiento, otro 30% a evaporación y un 10% a cristalización.

La zona de almacenamiento o "estero", también llamada "lucio de fuera", se encuentra situada junto al caño de alimentación, del que toma agua a través de una compuerta, denominada "compuerta de marea". Consta de dos paredes o muros —la base o "sardiné"— construidos con piedra ostionera y hormigón, y los elementos que sirven para regular manualmente la entrada y salida de agua, construidos en madera de pino de flandes curada y calafateada: "portalón", "virgenes", "riestra", "molinete", "estroba" y "chicote". El muro de contención del estero que linda con el caño y limita la salina recibe el nombre de "vuelta de fuera". Está reforzado con piedra ostionera y estacas para protegerlo de la erosión y sujetar el terreno (Fig. 3).

El agua circula por gravedad, mediante las diferencias de nivel del agua almacenada entre un depósito y el siguiente. La comunicación entre unos y otros son compuertas pequeñas, llamadas "largaderos", de apenas medio metro de ancho. La zona de evaporación consta de tres subunidades diferentes denominadas vueltas de "lucio", "retenida" y "periquillo", constituidas por canales progresivamente más estrechos y someros, de forma que vaya aumentando la evaporación (Fig. 4).

Se va produciendo un gradiente creciente de salinidad desde la zona de captación a la de cristalización, lo que determina otro gradiente, pero decreciente, de biodiversidad. También va disminuyendo la altura de las diferentes partes de la salina desde el estero a los cristalizadores.

La pérdida de la actividad de explotación de las salinas provocó que las casas rurales asociadas a las salinas sufrieran también el abandono y la pérdida de la población residente. En las marismas del río Arillo se encuentran tres construcciones de especial interés: la casa salinera de "Tres Amigos", la del "Sagrado Corazón de Jesús" y el "ventorrillo de Dolores".

Otro elemento de gran singularidad en las marismas del río Arillo son los tres molinos de marea existentes en la zona: el del río Arillo, el de San José y el del Arrierillo. Estos molinos son impulsados aprovechando el flujo y refluo de las aguas marinas como fuente de energía, cada uno de ellos empleando artilugios y procesos distintos. La mayoría son de rodezno, girando libremente en el interior del cárcavo.

El emplazamiento de los molinos de mareas exige condiciones mucho más restrictivas que el de los molinos fluviales, ya que no sólo se requieren mareas medias importantes (del orden de al menos dos metros), sino también que un estero o estuario sea fácil de cerrarse con una presa, de modo que se convierta en un gran depósito que se llena cuando se alcanza la pleamar y se vacía a través del molino cuando el agua alcanza su nivel mínimo. El molino de marea debe combinar, pues, un embalse para la subida de las aguas que se cierre antes de la bajamar y luego pueda administrarse por las com-



Fig. 3. Las "vueltas de fuera" permiten el acceso y visita al interior de la zona húmeda por encima de sus muros.

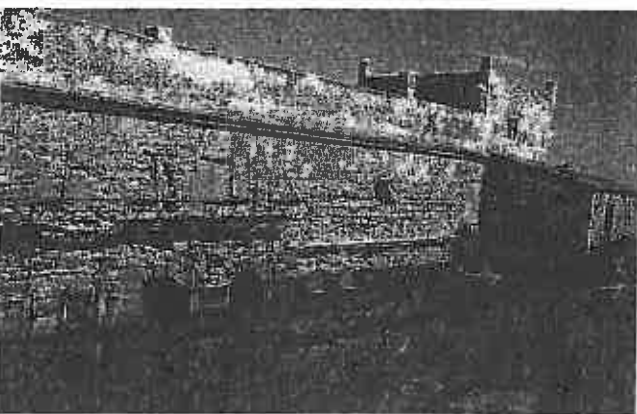


Fig. 5. Vista del molino del río Arillo.

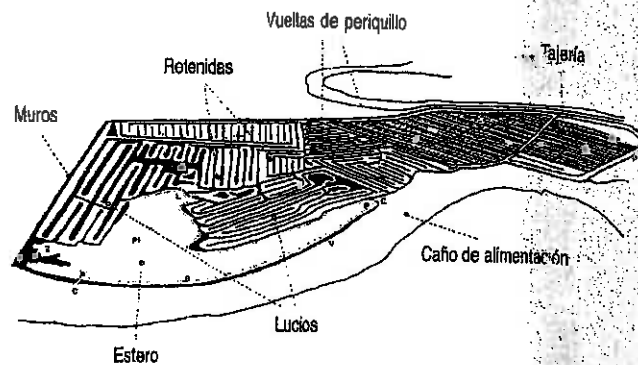


Fig. 4. Configuración de una salina tradicional: C, compuerta; L, largaderos; P, poza; PL, playa; R, rienda; Z, zunajo; V, vuelta de afuera. Fuente: Alberto Arias (1995).



Fig. 6. Restos arqueológicos del molino mareal de San José.

puertas que dan giro a las piedras. En España, los molinos de mareas se asientan en la costa atlántica, siendo los núcleos más importantes la costa de Cantabria, Galicia y la gaditana. Madoz (1847) cita los tres molinos de marea que se encuentran en las marismas del Arillo, los cuales aparecen todos en el plano de la Isla Gaditana de 1823.

El molino del río Arillo se encuentra detrás del puente por el que pasa la carretera. El río Arillo se cierra con una edificación en ángulo recto perforada en su parte baja por un buen número de arquerías, que constituye el molino, también conocido como *molino de Méndez* (Fig. 5). Según la descripción de Toscano (1984), en el lado oriental hay cuatro arcos de mayor tamaño, por los que el agua al crecer la marea penetra hasta elevar sus compuertas basculantes; cuando el interior del molino está lleno y empieza a decrecer la marea, el propio peso del agua presiona estas compuertas y es cuando puede ser aprovechada para impulsar las doce piedras de molino dispuestas en la nave de la fachada norte.

Sobre los otros molinos de marea, el de San José y el del Arrierillo, no existen estudios detallados, salvo algún documento gráfico. El molino del Arrierillo aparece más deteriorado, probablemente por el uso que de él hace el personal de los campos de cultivo cercanos. En las referencias en los mapas al molino de San José, éste aparece siempre como el "molino viejo". Según Fernando Amores Carredano, Profesor Titular de Prehis-

toria y Arqueología de la Universidad de Sevilla, el molino de San José posee elementos iconográficos de estilo neoclásico, típicos de construcciones eclesiales, por lo que se puede considerar como de finales de la segunda mitad del siglo XVIII. Presenta un elevado valor histórico, arqueológico, puesto que se ha perdido su uso, y etnográfico, como símbolo de una cultura (Fig. 6).

El PORN del Parque Natural Bahía de Cádiz insta a la declaración del molino del río Arillo y el de San José como Paisajes Protegidos de acuerdo a la Ley 4/1989, calificándolos como subzona B3 o enclaves histórico-culturales.

La percepción del paisaje del río Arillo

El paisaje de las marismas del río Arillo se califica como un paisaje típicamente salinero, con un intrincado sistema de caños, lagunas y vueltas. Sus características básicas son:

- Llanura: implica la ausencia de hitos verticales de referencia, permitiendo una cuenca visual amplia.
- Artificialidad: las salinas son consecuencia de una roturación y, por tanto, un paisaje creado y dibujado por el hombre.

La imagen del paisaje salinero es consecuencia de la propia organización funcional de la salina. Aunque éstas han perdido hoy, en gran parte, un elemento fundamental del paisaje, los blancos montones de sal que tanto atraían a los viajeros del siglo XIX, mantiene aún otro de sus elementos básicos: la red entramada de hilos de agua.



En la percepción de este paisaje desde el interior de las salinas, el elemento dominante es la imagen pautada por la geometría de las vueltas y tajerías (Fig. 7). Este patrón formal se completa con dos texturas básicas, el agua y la tierra, matizadas según el nivel hídrico de los caños de acuerdo a la marea y la proporción agua/tierra, dependiente del estado de aterramiento. El color ofrece una gran variedad, no sólo estacional, según la época de floración de las distintas especies, sino cotidiana, según la turbidez y estado del agua de los caños, que proporciona una amplia variedad cromática. La percepción aumenta en los pasos elevados de las vías de comunicación.

Aparte de esta unidad básica, se distinguen otras unidades paisajísticas menores:

- El caño del río Arillo, que actúa como hito de referencia de este paisaje horizontal en función de su amplitud y no de su elevación. Tiene un gran potencial como eje estructurante de la salina, tanto por su anchura como por su carácter relativamente rectilíneo; es el único caño que permite sentir la vinculación entre el paisaje salinero y el mar que lo nutre.
- Los "manchones" de tierra firme. Son elementos que rompen la homogeneidad del paisaje. Son unidades aisladas, no tanto por la diferente proporción superficie de tierra/superficie de agua, sino por los usos que normalmente soportan. Claro ejemplo es el manchón de Santibáñez, en el que las construcciones de la granja, los antiguos polvorines, las barcas amarradas y las huertas ofrecen una imagen radicalmente distinta de la del resto de las salinas. En el caso del manchón de La Doloros, la diferencia no está tan contrastada, ya que la existencia de algunas especies vegetales presentes en las vueltas unifica la imagen.
- Zona intermareal del saco interior. Esta unidad es sumamente cambiante en función de la marea. El mar puede ser un elemento inmediato durante la pleamar o ser sustituido por la intrincada red arterial de los fangos intermareales y pasar casi desapercibido más allá de éstos. En esta última situación aumenta la heterogeneidad del paisaje por la presencia de praderas de espartina de un color verde intenso, a lo que se une la visión típica de los mariscadores realizando sus faenas y la presencia de aves. Por otro lado, permite la visión de todo el saco interior de la bahía.
- El límite entre la marisma y el cordón dunar en la zona sur del área de estudio. Las marismas adoptan una imagen distinta a la que tenían. Ya no son un intrincado sistema de caños, sino grandes extensiones, inundadas o secas, limitadas por las dunas cubiertas de vegetación.

El origen de las marismas del río Arillo

El sistema de zonas húmedas de la bahía de Cádiz tiene su origen en los sedimentos aportados por el río Guadalete y las aportaciones de corrientes de deriva sedimentarias. En la actualidad los aportes del Guadalete son insignificantes. Se trata de un sistema notablemente estabilizado, encajonado entre el promontorio de roca ostionera de San Fernando y la flecha litoral en característica forma de cola de cometa que, partiendo desde el promontorio de Cádiz, ha llegado a cerrar el lado sur de la bahía. Esta flecha litoral estaba inicialmente limi-



Fig. 7. Foto aérea de las marismas del río Arillo, donde se observa el patrón morfológico de las salinas.

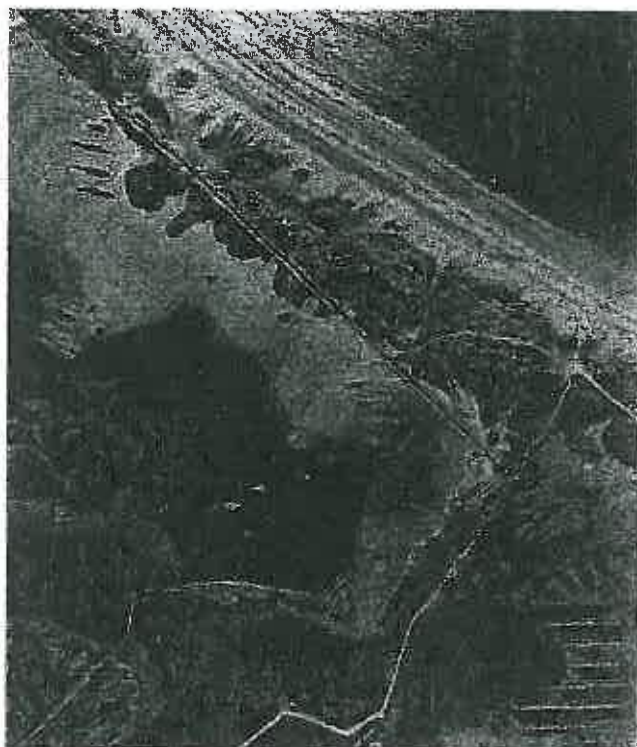


Fig. 8. En esta foto puede observarse el canal que interrumpe la formación de los "washover fans".

tada por el propio caño mareal del Arillo. Su crecimiento hacia Sancti-Petri cerró esta antigua salida probablemente con anterioridad al siglo XV. De esta forma, la flecha litoral con dunas y el promontorio de San Fernando diferenciaban un sistema tipo "lagoon" de inundación somera en las mareas, que pasó rápidamente a tener la forma de caño mareal alimentado exclusivamente desde el saco interior de la bahía.

La flecha litoral con dunas era atravesada varias veces al año por trenes de olas que cruzaban los valles interdunares (*overwash*) y depositaban paquetes sedimentarios (*washover fans*) de escasa potencia y con superficies de aproximadamente una hectárea. Estos procesos fueron lo suficientemente activos como para impedir la colonización vegetal. Actualmente ya no son funcionales debido a la excavación de un canal que recorre el borde interior de la flecha litoral y que impide el paso del oleaje (Fig. 8).

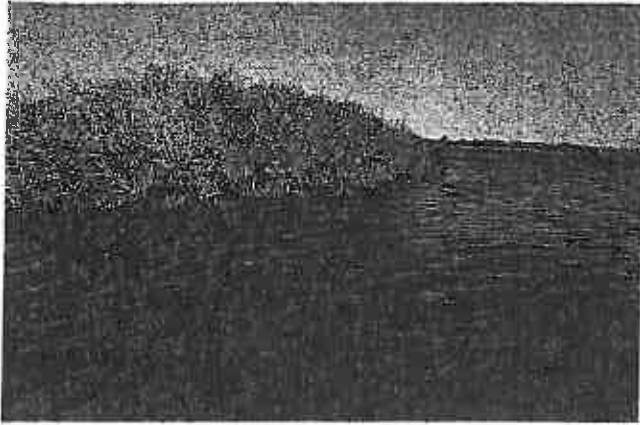


Fig. 9. Vegetación de crecimiento centrífugo característica de las marismas mareales.



Fig. 10. Aspecto que tendrían las marismas en estado natural previo a la Intervención humana.

El sistema dunar tiene escaso desarrollo y su movilidad es prácticamente nula, destacando un ligero aumento de la cobertura vegetal, deducible del análisis de fotografías aéreas realizadas entre 1956 y 1991.

La evolución del llano de este fangal mareal a la actual red hidrográfica del caño viene determinada por el crecimiento de la vegetación y la granulometría del sedimento. De esta forma se define un complejo sistema donde el caño principal se ramifica en numerosos canales que entran en contacto con una amplia superficie configurando un *patrón arborescente*.

Las características geométricas de la red de drenaje son diferentes de las estructuras fluviales clásicas: las inserciones de los divertículos forman ángulos más amplios y tiene trazados más curvos que sus homólogos de influencia estrictamente fluvial.

Estos patrones de forma están gobernados por la amplitud de las mareas, la granulometría del medio y, muy posiblemente, por la pauta de colonización y las características de forma de la vegetación, puesto que la interacción de la vegetación con la onda mareal no es igual para una vegetación con forma de carrizo, distribuida homogéneamente, que para una vegetación con forma de arbolito, que constituye pequeños promontorios circulares de crecimiento centrífugo (Fig. 9).

Actualmente la forma de la red de drenaje del río Arillo ha sido profundamente modificada por la acción humana. Se mantiene únicamente el cauce principal. Buena parte de la compleja red de canalillos tributarios ha sido transformada en el también complejo sistema estructural de las *salinas*.

Evolución del uso del suelo y sus efectos en la dinámica del ecosistema

La transformación en explotación salinera

La actividad salinera comportó una drástica transformación de la estructura hídrica. Esta transformación se tradujo, en primer lugar, en la regulación de la dinámica de inundación.

El complejo patrón morfológico de la red de drenaje natural se modifica. Queda el caño principal, el río Arillo, regulado en buena parte de su recorrido por un molino mareal; y las numerosas ramificaciones quedan substituidas por el sistema de canales propio de este tipo de salinas: esteras, lucios, tajerías, retenidas...

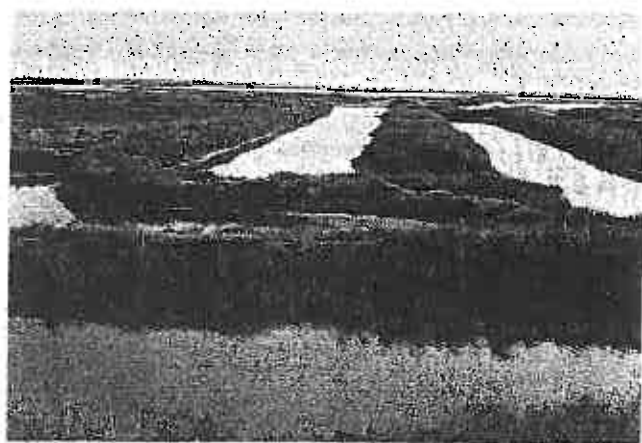


Fig. 11. El paisaje salinero.

Los espacios propiamente dedicados a la explotación salinera experimentan una drástica disminución de la biodiversidad a causa de la hipersalinidad. Un condicionante ecológico que limita las poblaciones de flora y fauna a aquellas especies que han desarrollado adaptaciones específicas a la hipersalinidad.

Pese a la transformación del sistema hidrológico, la calidad ecológica del conjunto mantenía un elevado interés. Los caños y esteros continuaban manteniendo praderas de macrófitos sumergidos, las cuales, a su vez, mantenían una amplia cadena trófica (crustáceos, peces, aves marinas y acuáticas, etc.).

El abandono de la actividad salinera

Es, sin duda alguna, la transformación que más radicalmente ha afectado al conjunto del ecosistema. El abandono de esta actividad ha ocasionado efectos diferentes en función de la dependencia o no de la regulación del molino del río Arillo:

Transformación en explotación acuícola

En la zona no gobernada por el molino del río Arillo, la zona norte, la gran mayoría de las salinas se han transformado en explotaciones acuícolas aprovechando la mayor facilidad de conexión con la alimentación mareal de la bahía.

El bajo nivel de control de estas explotaciones ha comportado un notable empeoramiento de la calidad del agua. La tasa de renovación del agua disminuye paralelamente al descenso de esfuerzo de control de compuertas. Se inician procesos de eutrofia, en los que la columna de agua pierde transparencia y desaparecen las praderas de macrófitos sumergidos (Fig. 12).

Esta eutrofia resulta más aguda en las explotaciones donde se utilizan piensos de engorde. Esta disfunción implica también una menor calidad culinaria del pescado que se explota; e incluso el riesgo de proliferación de cianobacterias tóxicas, que pueden ocasionar mortandades importantes. Se han detectado ya varios canales con poblaciones importantes de cianobacterias.

Posiblemente resultaría revelador un análisis comparativo con la simple explotación pesquera del sistema de caños naturales de Sancti-Petri, donde la marea implica una continua renovación del agua; las praderas de fanerógamas sostienen una elevada población de peces y éstos tienen un valor culinario mucho más elevado.

La explotación acuícola resultaría más rentable y ocasionaría menos impactos si se mejorase el esfuerzo de regulación hídrica; es decir, si se aumentase la tasa de renovación del agua.



Fig. 12. En esta imagen se aprecia la pérdida de calidad del agua en zonas de explotación acuícola.

Transformación en marisma mareal natural

Sin lugar a dudas se trata de la situación idónea. Lamentablemente, únicamente se ha detectado este tipo de marisma fuera del ámbito de las marismas del Arillo. El conocimiento detallado de este tipo de marisma resulta, de todas formas, fundamental, en tanto que permite definir con precisión cuáles tendrían que ser los objetivos de una actuación de regeneración hídrica y de recuperación del ecosistema del ámbito de intervención de este proyecto (Fig. 13).

El factor clave de la calidad ambiental de este tipo de marisma radica en la restauración del régimen natural de mareas, lo que posibilita la concurrencia de las condiciones siguientes:

- Transparencia de la columna de agua.
- Tasa elevada de renovación del agua, que limita los riesgos de eutrofia.
- Fondo tapizado por fanerógamas sumergidas (macrófitos sumergidos), principalmente *Ruppia cirrhosa*.
- Presencia de una elevada diversidad de fauna que explota la elevada productividad de este tipo de ecosistema, productividad impulsada siempre en su base por los macrófitos: crustáceos, peces, aves marinas, aves acuáticas.

Desecación y degeneración en "pólvora"

El abandono de las salinas comporta un serio riesgo de perder un conjunto de elementos de patrimonio cultural de primer orden (molinos mareales, estructuras de compuertas, vueltas de afuera...), que también afecta directamente a la calidad ambiental del territorio, particularmente a causa del abandono de la práctica tradicional de regulación del nivel de inundación.

Este proceso afecta particularmente a la zona controlada por el molino del río Arillo. Este molino, junto con sus sistemas anejos de compuertas, regulaba el régimen hídrico de la práctica totalidad de las salinas y zonas húmedas comprendidas entre los ejes viarios N-IV y vía férrea, el promontorio de San Fernando-Campo Soto y la costa oceánica.

Las compuertas del molino del río Arillo han quedado en posición semicerrada, posiblemente para evitar los procesos de descalzamiento debidos a con la circulación de caudales elevados, que se producirían con las compuertas abiertas. De esta forma, cada flujo mareal resulta notablemente ralentizado, inundando una superficie significativamente menor.



Fig. 13. En la marisma natural la tasa de renovación del agua garantiza una columna de agua transparente.



Fig. 14. Zonas marismales desecadas y transformadas en polvo.

Por otra parte, la falta de mantenimiento de los canales de alimentación (esteros) y los vertidos de escombros limitan aún más la capacidad que tendría cada marea de inundar.

De esta forma se desencadena la siguiente secuencia de sucesos:

- Amplias zonas que anteriormente estaban pobladas por macrófitos sumergidos (*Ruppia cirrhosa*) y por marisma baja quedan desecadas y se transforman en suelos estériles. La intensa insolación, unida a la textura fina del suelo, favorece la continua migración del agua salobre hacia la superficie mediante procesos de capilaridad. El agua, al evaporarse, deja la sal en superficie, ocasionando la aparición de exudados salinos (Fig. 14).
- La vegetación propia de marisma baja (*Salicornia ramosissima*, *Sarcocornia perennis*) no está adaptada a salinidades excesivas. Su medio es el de una salinidad ligeramente superior a la marina, y la inundación diaria del suelo (que no de la totalidad de los tejidos aéreos) mantiene el grado de salinidad en niveles constantes. Mueren, así, a causa de la salinidad excesiva y calcinadas bajo una intensa radiación solar.
- Las zonas emergidas desnudas, que solamente se inundan excepcionalmente, pero que se mantienen rodeadas de agua, han sido siempre zonas de gran interés ornitológico, particularmente como zonas de nidificación del charrancito (*Sterna albifrons*) y limícolas, como la avoceta (*Recurvirostra avossetta*). Estas zonas desnudas (normalmente a causa de la aparición de exudados salinos) eran abundantes antes del abandono de la actividad salinera; posiblemente porque los vientos dominantes no favorecen la progresión de los flujos mareales, los cuales circulan en dirección contraria. La desecación total de estas zonas favorece la penetración de predadores terrestres y ocasiona la drástica disminución de las zonas ocupadas por colonias de nidificación.

De esta forma, un escenario caracterizado por una elevada productividad, sustentada por una cadena trófica que comienza en las praderas sumergidas de *Ruppia*, que pasa por crustáceos, peces y numerosas aves, como las garcetas (*Egretta garzetta*) y flamencos (*Phoenicopterus ruber*), que se alimentan de estos peces y crustáceos, se transforma en un suelo denudado que cruje cuando se pisa a causa de la cristalización propia de los exudados salinos, y de aspecto pavimentado a causa de las grietas de desecación (*mud-cracks*).

El patrimonio natural

Los ecosistemas marismaños resultan ser unos medios muy restrictivos en los que el ambiente controla íntimamente las comunidades biológicas que sobre ellos se asientan. Por este motivo la riqueza de las especies es baja en comparación con otros ecosistemas, si bien esto no impide que se alcancen notables valores de biomasa.

La comunidad vegetal fanerógama presente en el Parque Natural de Bahía de Cádiz está formada en su mayor parte por vegetación halófila, única capaz de soportar las condiciones extremas de salinidad e inundación que han ocurrido, y que existen aún en este ecosistema. La gran intervención antrópica que promovió la transformación de la mayor parte del territorio comprendido en el interior del espacio natural protegido, hacia el aprovechamiento de los recursos endógenos (uso salinero tradicional, acuicultura, etc.), hace que actualmente sea muy escasa la zona de influencia mareal normalizada; es decir, donde se cumpla el ciclo mareal semidiurno, con dos encharcamientos diarios.

La vertiente norte del ámbito del presente trabajo, saco interior de la bahía, presenta una mayor influencia mareal que la sur, saco interior del río Arillo. Ello condiciona la distribución de las diferentes unidades naturales de vegetación, pues éstas dependen directamente del régimen de encharcamiento, del régimen sedimentario, de la topografía y de la salinidad y textura del sustrato.

La construcción de las estructuras salineras conlleva la destrucción de la zona de marisma media-baja, por lo que especies muy significativas que habitan esta área, como *Salicornia ramosissima*, tienen menor probabilidad de emplazarse. Igualmente, son los propios muros de las salinas donde se encuentra la mayor parte de la tierra emergida, lo que implica que las especies vegetales asociadas a ellos son, por lo tanto, las representativas de vegetación de marisma alta y, por lo tanto, las más abundantes en este espacio.

Las especies de marisma alta encontradas han sido: *Limoniastrum monopetalum*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Sarcocornia fruticosa*, *Frankenia laevis*, *Suaeda vera*, *Salsola brevifolia* y *Mesembryanthemum nodiflorum*. Estas especies son las que continuamente se repiten por los muros de las salinas. La mayor parte de ellas pertenecen a la familia Chenopodiaceae y son de tipo leñoso. Los individuos censados presentan en general un buen aspecto, si bien el tamaño y el porte no son muy elevados. Así, por ejemplo, los individuos de *Suaeda vera* son de un tamaño relativamente pequeño, y los de *Limoniastrum monopetalum* de porte medio.



En los casos en los que hace su presencia *Sarcocornia perennis*, se implanta en los bordes inferiores de los muros, ocupando la zona que está más en contacto con el agua de las salinas. De este modo se puede apreciar una leve zonación, en la que esta última especie ocupa los niveles inferiores, mientras que *Limoniastrum monopetalum* siempre está en las zonas más altas de los muros, junto con *Arthrocnemum macrostachyum*.

Es destacable la ausencia significativa de especies que sí aparecen en otros marismas del golfo de Cádiz, como son *Salicornia ramosissima* y *Spartina densiflora*.

En los bordes mareales de la zona norte de estudio, saco interior de la bahía, donde el acúmulo de sedimentos ha definido unas planicies fangosas que, debido a su baja altura, pasan la mayor parte del tiempo inundadas, se instala una comunidad de organismos inferiores formando una película superficial, donde predominan cianobacterias, diatomeas y algas filamentosas, especies que llevan a cabo una incipiente tarea de atracción y aglutinación de partículas que se incorporan al sustrato. A lo largo del proceso de sedimentación que se desarrolla en la actualidad está aumentando la altura y, en consecuencia, la duración del período de emersión, hasta alcanzar un nivel mínimo suficiente para que enraícen las primeras plantas superiores. Así, en esta zona se ha detectado la presencia de especies de marisma baja y media-alta, como el macrófito *Zostera noltii*, que forma los primeros rodales, al colonizar la zona próxima al nivel medio de las bajamares vivas. Donde el sustrato alcanza mayor altura se han observado especies pioneras, que intervienen activamente en el proceso de sedimentación, tales como *Spartina marítima* y *Sarcocornia perennis*, que en las áreas de topografía más elevada están acompañadas por *Halimione portulacoides* y *Limonium angustifolium*.

Como consecuencia de la nula influencia mareal, el lavado pluvial y el aporte de sustrato exógeno, sobre determinados tramos de algunos muros de determinadas salinas, inducen que no sea la vegetación halófila la única presente en este espacio, ya que es muy frecuente hallar especies ruderales sobre la zona central de dichos muros, de algunos caminos y otras zonas antropizadas (cerca de construcciones, accesos, etc.). Básicamente, las especies ruderales más habituales son gramíneas anuales. También se encuentran especies que se han naturalizado, como por ejemplo *Carpobrotus accinaciforme* (uña de león), especie que puntualmente se ha implantado en ciertos taludes de la zona noroeste del espacio natural. Tampoco es difícil observar, en la misma zona, la presencia de numerosas chumberas (*Opuntia tuna*) sobre espacios con una alta cobertura de vegetación de marisma alta.

Las marismas del río Arillo presentan también un elevado interés biológico a nivel faunístico, generado por la presencia de la gran variedad de ecosistemas presentes en la zona: Fangos intermareales, salinas, cordones dunares, lagunas dulces, etc. Ello provoca que exista una variedad faunística muy relevante, tanto marina como terrestre.

Las marismas transformadas en salinas con aguas someras, bien iluminadas, fácilmente renovables, con unos niveles aceptables de oxigenación y con una importante fuente de nutrien-

tes y detritos provenientes de los esteros y aguas de la bahía, le permiten desarrollar una ingente producción de fitoplancton y zooplancton que sirven de base a la cadena trófica.

En estas estructuras la fauna acuática de moluscos, anélidos, crustáceos y peces es cualitativamente pobre, debido al factor limitante que suponen los fuertes cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua, aunque cuantitativamente posee una gran riqueza por la enorme cantidad de recursos disponibles. Destaca la presencia, por ejemplo, del invertebrado *Nereis sp.*, por ser dieta básica de los alevines de peces y aves en los esteros. Entre los crustáceos más abundantes, tanto en los esteros de las salinas como en los caños se encuentran los pertenecientes a la familia Palaemonidae, como el camarón *Palaemon varians*. De entre los cangrejos más abundantes destacan *Carcinus maenas* y *Uca tangeri*.

Los fangos intermareales de los caños albergan una fauna característica. Ciertas especies existentes en estos ámbitos constituyen una fuente de economía sumergida para mariscadores ilegales, que por su interés comercial someten a la zona a una sobreexplotación continuada de estas especies. Entre ellas destacamos por su interés *Marphysa sanguinea*, *Diopatra neapolitana*, *Nereis diversicolor*, *Scrobicularia plana*, *Tapes decussatus*, *Tapes aureus*, *Cerastoderma edule*, *Solen marginatus*, *Murex brandaris*, *Monodonta turbinata* y *Upogebia deltaura*.

Por otro lado, la ictiofauna de los caños está sometida también a una creciente presión depredadora, principalmente por parte de los innumerables pescadores furtivos, que, utilizando trasmallos y pequeñas artes de arrastre, esquilman las poblaciones de peces, formadas en su mayor parte por individuos jóvenes. La ictiofauna de estados juveniles presente en los caños de las salinas de la bahía de Cádiz está constituida, como mínimo, por 48 especies de Teleósteos. Se trata en su mayoría de especies marino-dependientes (Moyle & Cech, 1982; Claridge et al., 1986) que pasan algunas fases de su ciclo vital en las marismas, tras las cuales retornan al mar para la vida adulta. Unas especies utilizan los caños sólo como zona de cría de los alevines, donde éstos encuentran alimento abundante y protección frente a los predadores, y otras los utilizan tanto para esta fase trófica como para el desove. Sólo algunas especies, como *Atherina boyeri*, *Pomatoschistus microps* y *Fundulus heteroclitus* pueden considerarse especies sedentarias, que completan su ciclo vital en estas aguas. De cualquier forma, se trata siempre de especies capaces de soportar los amplios márgenes de variación en los parámetros de salinidad y temperatura que se dan en este medio acuático de transición.

Por lo que respecta a las especies comerciales utilizadas en las instalaciones acuícolas de toda la bahía, teniendo presente que en el área de estudio sólo se realizan despesques tras la estabulación de alevines capturados con las mareas en las salinas, se produce un extenso solapamiento en los períodos de presencia de alevines; circunstancia que propicia, asimismo, la existencia de un continuo reclutamiento de postlarvas y juveniles a lo largo del ciclo anual. No obstante existen variaciones interanuales de abundancia: la densidad y número de alevines de *Sparus aurata*, *Dicentratus labrax*, *Dicen-*

tratus punctatus, *Liza aurata*, *Liza ramada*, *Solea senegalensis* y *Anguilla anguilla* es mayor entre los meses de diciembre a abril. Durante el verano las concentraciones de esas especies disminuyen ostensiblemente, aumentando por contra las de *Mugil cephalus* y *Liza saliens*, debido a su entrada en época de reproducción (Arias, A. M. y Drake, P., 1990).

En relación con la distribución de estas especies por los diferentes ámbitos de la zona, cabría señalar cómo la variación geográfica de estas especies señaladas es relevante. De manera general se constata, en los estudios desarrollados por Arias y Drake, 1990, cómo la riqueza en especies disminuye a medida que los caños se adentran en la marisma. Los casos más interesantes se encuentran en *Sparus aurata* y *Liza aurata*, que muestran cierta tendencia a ser más abundantes en las zonas exteriores, y *Liza ramada* y *Chelon labrosus*, que se sitúan en los caños alejados de la influencia directa del mar.

La ocupación permanente de los caños de las salinas de la bahía de Cádiz por elevadas concentraciones de peces marinos jóvenes, en diversos grados de desarrollo, hace necesaria la adopción y el cumplimiento de medidas encaminadas a su protección, desarrollando unas claras y específicas actuaciones que impidan el actual deterioro que sufre este espacio. Éstas deben tender a aplicar una adecuada gestión de las masas de agua en las salinas e impedir la destrucción o el cegamiento de los caños y de las propias estructuras salineras, así como a controlar la pesca de inmaduros.

Además de la fauna que vive en el agua, los espacios salineros de la bahía gaditana, y de las marismas del río Arillo en particular, constituyen un lugar de invernada o el hábitat permanente de una cuantiosa y variada avifauna. En este

sentido cabe señalar que, después del Parque Nacional de Doñana, el Parque Natural Bahía de Cádiz es la zona de mayor extensión e importancia ornitológica de Andalucía. Es muy elevado el valor que poseen para las aves las estructuras salineras, tanto en la bahía de Cádiz como a nivel europeo, estando reconocidos a nivel internacional los problemas de conservación causados por su abandono.

Actualmente está en desarrollo una estrategia para la conservación de las salinas y las aves en la región mediterránea (Anon, 1996). La elevada producción biológica del espacio del río Arillo y las favorables condiciones ambientales propician la existencia de densas colonias de aves acuáticas. Estas aves, en bajamar utilizan como comederos los fangos de la zona intermareal, mientras que en pleamar se trasladan a alimentarse a las balsas de agua de escasa profundidad del interior de las salinas. Asimismo, muchas de ellas hacen sus nidos entre la vegetación de los muros de las salinas o en áreas no inundadas por las mareas.

Los censos de aves en la zona sitúan en 150 el número de especies de acuáticas observadas, estimándose que la población de aves de la bahía está formada por unos 50.000 individuos, de los que un 50% son limícolas (correlimos, chorlitejos, chorlitos, cigüeñuelas, agujas), un 30% pertenece a anátidas (silbones, negrones, serretas, tarros blancos), un 15% a láridos (varias especies de gaviotas) y el 5% restante a otras especies, tales como flamenco, garza real, garceta, cormorán, etc. (Fig. 15).

Algunas de estas especies son sedentarias y muchas de ellas nidificantes en la bahía; concretamente en las marismas de Arillo crían cigüeñuelas (*Himantopus himantopus*), chorlite-



Fig. 15. Ejemplar de garceta común (*Egretta garzetta*) en las marismas.



UP

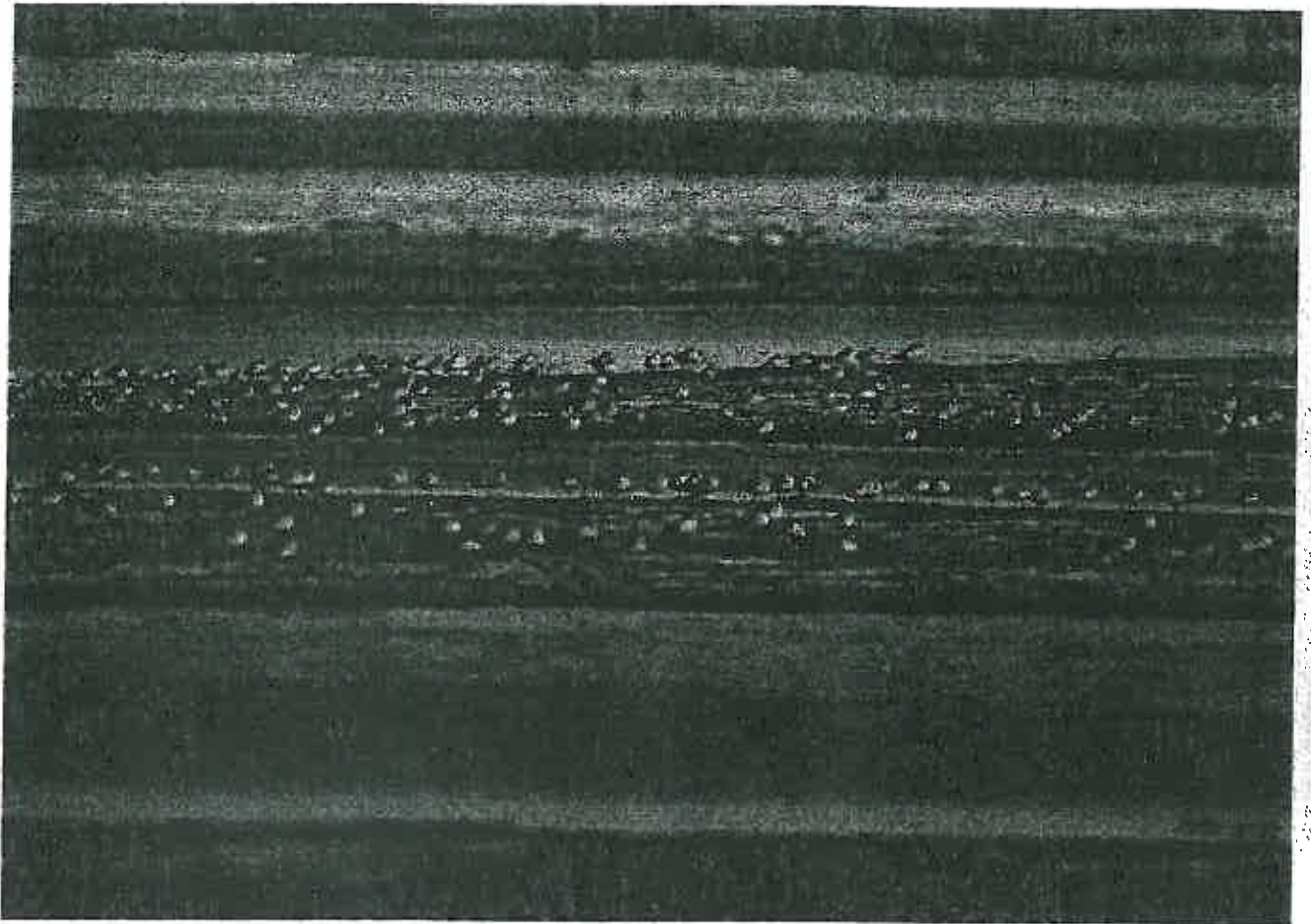


Fig. 16. Las islas desnudas entre las marismas son zonas "seguras" para la avifauna.

jos patinegros (*Charadrius alexandrinus*), gaviotas patiamarillas (*Larus cachinnans*), avocetas (*Recurvirostra avosetta*), charrancitos (*Sterna albifrons*) y, ocasionalmente, el ánade real (*Anas platyrhynchos*). Sin embargo, el grueso de la avifauna de marismas y salinas está formado por aves migratorias que utilizan estos enclaves para invernar o simplemente para hacer un descanso en sus rutas migratorias con África (Fig. 16).

El área de estudio adolece, como toda la zona del área de la bahía gaditana, de un número adecuado de censos oficiales que se haya realizado a lo largo de los años.

Propuestas de actuación

Constatada la gran riqueza natural, paisajística y patrimonial de las marismas del río Arillo, los objetivos básicos de la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente son:

- La restauración del régimen hídrico del río Arillo y del sistema de marismas y salinas alimentadas por este caño marreal y, con ello, de los ecosistemas asociados.
- La preservación del patrimonio cultural y etnográfico vinculado a la actividad salinera tradicional.
- Generar las infraestructuras necesarias para potenciar el aprovechamiento cultural en todas sus vertientes: ocio, turismo cultural, *bird-watching*, etc.

En el diseño de las actuaciones se han tomado como criterios esenciales varios aspectos:

- La necesidad de concentrar el mayor número de visitantes en lugares que estén situados en el perímetro del Parque Natural, procurando actuar sólo en espacios del interior cuando éstos posean un elevado valor patrimonial que sea conveniente recuperar (molino, casa salinera) y/o un claro interés interpretativo para mostrar la realidad de los valores de la zona.
- Aprovechar, en la definición de rutas o espacios lúdicos, la tendencia de los actuales usuarios del espacio, que, con una mayor o menor asiduidad, utilizan determinados lugares para el desarrollo de sus actividades lúdicas (puntos de pesca, áreas de *picnic*, circuitos improvisados de paseo, *footing* o ciclismo, etc.).
- Las posibilidades generadas por la realización de futuras y, sobre todo, actuales infraestructuras (Bahía Sur, apeaderos de Renfe, pasos elevados, áreas de aparcamiento, nuevas vías de comunicación, etc.), que dan solución a una de las mayores dificultades encontradas para el uso público de la zona.
- La situación legal y administrativa que afecta a este espacio, con determinados conflictos entre la administración pública y los antiguos "concesionarios-propietarios", en relación con la entrada en vigor de la vigente Ley de Costas y la aplicación de los nuevos deslindes aprobados por sucesivos órdenes ministeriales que definieron el actual espacio de dominio público.

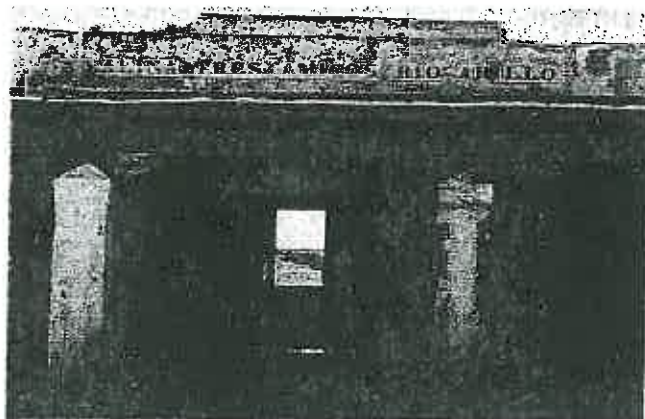


Fig. 17. Casa salinera de "Tres Amigos". Se propone su restauración y conversión en Centro de Interpretación Salinero.

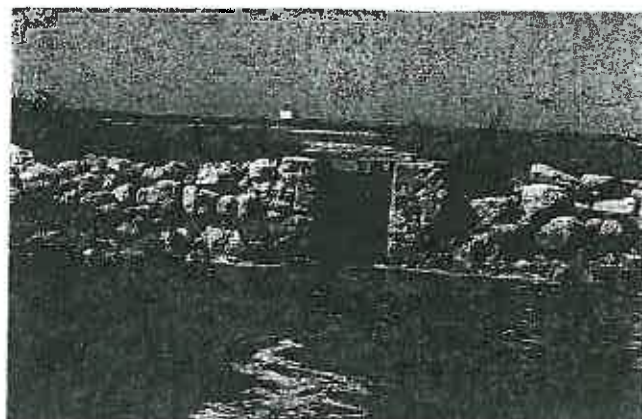


Fig. 18. El sistema viario tradicional de la salina puede configurar un sistema de itinerarios para el disfrute y conocimiento del entorno.

La preservación del patrimonio cultural representado por los viejos molinos de marea, que fueron construidos entre los siglos XVI y XVIII, y el complejo entramado de canales de esa misma época, con sus almacenes de agua (esteros), las compuertas basculantes, los muros de piedra ostionera y los muchos kilómetros de largos canales que conformaban el paisaje tradicional de la bahía de Cádiz, es sin duda la mejor manera de mantener los ciclos mareales y así conservar los ecosistemas que conforman estas marismas.

Algunos de los muros de piedra que sustentan los canales perimetrales de las salinas tradicionales ("vuelitas de fuera") conforman auténticos caminos sobre los que el proyecto de actuación ha diseñado un sistema de vías verdes que permitirá aproximar a los ciudadanos el valioso patrimonio cultural y natural de la zona, facilitando su uso y aprovechamiento recreativo; y a la vez minimizar los riesgos de cualquier impacto ocasionado por la presión ligada a las actividades socio-recreativas. En esta línea, los centros de visitantes y otros equipamientos se han proyectado en las lindes de las marismas, cerca de las playas, para evitar afecciones al medio.

En resumen, las principales actuaciones serían:

- Para la regeneración hídrica del sistema:
 - La reconstrucción del sistema de caños de alimentación.
 - La restauración y adecuación del sistema de compuertas del molino del Arillo.
 - La instalación de un sistema de compuertas de marea tradicionales para mejorar la tasa de renovación del agua y regular la cota de inundación en época de cría de aves.
 - La construcción de islas para nidificación de especies de aves amenazadas.
- Para potenciar el aprovechamiento cultural del patrimonio arqueológico, cultural y natural:
 - La restauración del molino del río Arillo.
 - La consolidación y adecuación para su aprovechamiento cultural de los restos arqueológicos del molino mareal de San José.
 - La restauración de la casa salinera de "Tres Amigos", que podría albergar un centro de interpretación salinero.
 - La adecuación del sistema viario tradicional de la salina para configurar un sistema de itinerarios que faciliten la comprensión y el disfrute del entorno (vías verdes).



Fig. 19. "Candrays" abandonados. Antiguas embarcaciones que transportaban la sal.

— Complementar estos itinerarios con uno navegable en embarcaciones que evoquen los "candrays" que antiguamente transportaban la sal.

Puesto que las autoridades medioambientales con competencia en la zona han elevado las propuestas del estudio para su ejecución con fondos comunitarios, se abren nuevas y buenas perspectivas para las marismas mareales de la bahía de Cádiz y todo su extenso patrimonio cultural, arqueológico y natural. □

Juan José Muñoz Pérez*, Ángel de la Casa Alonso**,
Gisela Lorán Benavent*** y Miguel Ángel Ávila Puyana****

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Doctor en Ciencias Físicas

**Ingeniero Técnico de Obras Públicas

Demarcación de Costas en Andalucía-Atlántico
Dirección General de Costas
Ministerio de Medio Ambiente

***Bióloga
Taller de Ingenierías, S.A.

****Biólogo
Analiter - Análisis del territorio, S.L.

Notas

1. El encargo se realizó a la unión temporal de empresas constituida por Analiter, S.L. y Taller de Ingenierías, S.A.

