

# HUMEDALES ALMERIENSES: IMPORTANCIA, PROBLEMÁTICA Y GESTIÓN

H. CASTRO<sup>1</sup>; E.L. CARRIQUE<sup>2</sup>; P.A. AGUILERA<sup>1</sup>; M. ORTEGA<sup>1</sup>; J.J. CASAS<sup>1</sup>;  
A. RESCIA<sup>3</sup>; M.F. SCHMITZ<sup>3</sup>; F.D. PINEDA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Almería.*

<sup>2</sup> *Consejería de Medio Ambiente. Almería.*

<sup>3</sup> *Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid.*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años los humedales presentan un gran interés tanto por la conservación ante la alarmante desaparición de los mismos (en el litoral almeriense durante los diez últimos años han desaparecido cuatro humedales), como por su utilidad, como sistemas de depuración natural de aguas residuales, interés contrastado por numerosos autores. En ambos casos es necesario aplicar programas de restauración, protección y gestión como queda patente en distintas foros científicos y programas europeos, entre los que destacar por su carácter regional el simposium sobre "Bases Ecológicas para la Restauración de Humedales en la Cuenca Mediterránea (MONTES, 1995), y el programa europeo Management of Mediterranean Wetlands (Med-Wet).

La provincia de Almería está situada en el sureste de la península ibérica en la zona más árida de Europa. El clima es típicamente mediterráneo, en el litoral se registran valores de precipitación media anual, que oscila entre los 200 y 250 mm. y temperaturas medias anuales de 18.2° C a 17.6° C.

En el Inventario de Lagos y Humedales de España (MONTES, 1995), donde se recogen un total de nueve humedales en Almería, tres de estos actualmente están desecados, se han incluido otros tres nuevos, uno de ellos desecado durante 1998 (Guardias Viejas). Presentan una gran heterogeneidad en cuanto a su formación y funcionamiento, desde los localizados en desembocaduras de ríos temporales (Antas y Aguas), complejos de albufera (Adra Honda y Adra Nueva), marismas (Punta Entinas), o los transformados para su aprovechamiento como salinas, tanto en funcionamiento (Cabo de Gata), como abandonadas (Cerrillos y Guardias Viejas). También destaca uno continental, de carácter artificial resultado de actividades extractivas y de gran importancia para las aves acuáticas (Cañada de las Norias). En la tabla 1 se presentan sus principales características físicas, geomorfológicas e hidrológicas. En la tabla 2 se presentan los impactos ambientales principales y el grado de protección de cada humedal.

Durante el año 1997 se tomaron muestras de 22 parámetros físico-químicos en los humedales descritos, durante los meses de febrero, mayo, agosto, octubre y diciembre, como aproximación preliminar al conocimiento de los factores y procesos que caracterizan su integridad ecológica y para proceder posteriormente a una clasificación genético-funcional, en proceso de elaboración.

WETLANDS	Code	Typology	Área (ha)	Depth (cm)	Substrate	Hydrologic type	Permanence
Río Antas	RAN	Mouth of ephemeral flashy river	2.7	120	C, Si, G	M-OD	P-FI
Río Aguas	RAG	Mouth of ephemeral flashy river	1.25	150	C, Si, G	M-OD	P-FI
Salinas Cabo de Gata	CG	Active saltworks	312.8	50	S, Si	E-CD	P-St
Salinas de Cerrillos	CC	Abandoned saltworks	480.66	100	S	M-CD	P-St
Punta Entinas	PE	Marsh	131.79	50	S	M-OD	P-St
Salinas Guardias Viejas	GV	Abandoned saltworks	58.76	60	S, Si	E-CD	P-St
Cañada Las Norias	CN	Clay-pit	140	200	C,Si	H-CD	P-St
Adra Honda	AH	Litoral lagoon	13	300	C, G, Si,	H-OD	P-St
Adra Nueva	AN	Litoral lagoon	29	180	C, G, Si	H-OD	P-St

Table 1. Physical, geomorphologic, and hydrological characteristics, main environmental impacts and administrative protection regime of the studied wetlands. Substrate - C:clay; Si:silt; S:sands; G:gravel. Hydrologic type - M:mixed; E:epigenic; H:hipogenic; OD:open drainage; CD:Closed drainage. Permanence - P-FI:permanent fluctuating; P-St:permanent stable.

## LOS COMPLEJOS SALINEROS

Los complejos salineros constituyen el grupo más representativo de los humedales almerienses, abarcando más del 80% del total de la superficie encharcada, y en algunos casos, bajo la amenaza de desaparición como consecuencia de la crisis del mercado de sal marina. Sus rasgos hidrológicos más destacables son los siguientes:

Las salinas abandonadas de Cerrillos poseen importantes aportes de aguas subterráneas del acuífero superior del Campo de Dalías estimados éstos entre los 0.59 y 0.26 hm<sup>3</sup> anuales (Molina y Sánchez, 1996), también recibe entradas de escorrentía y filtraciones de agua de mar, aunque no presentan grandes oscilaciones anuales en la salinidad y proporción iónica de las aguas. El fosfato siempre aparece como limitante al no detectarse en ninguna de las muestras, mientras que las concentraciones de nitratos son altas (febrero y diciembre), y los nitritos están presentes todo el año.

Con una gran variación estacional se encuentra las salinas abandonadas de Guardias Viejas desaparecidas durante el año 1998. Esta variabilidad responde a la alteración del drenaje en el entorno de las charcas por movimientos de tierra, que provocaron la entrada masiva de aguas de escorrentía durante las precipitaciones, su posterior drenaje hacia el mar y la intensa evaporación sufrida en verano. Estas perturbaciones han hecho que pese a las características de su cubeta (estanques salineros con entradas limitadas tanto superficiales como subterráneas), sea el humedal que ha presentado durante 1997 la mayor oscilación en cuanto a las características hidroquímicas de las aguas.

Las salinas activas de Cabo de Gata se alimentan exclusivamente por agua de mar y su dinámica hidrológica esta en función de las demandas del agua para la explotación salinera. Presentando el humedal unas características hidroquímicas diferentes al resto. Posee la mayor concentración salina con una media de 49.35 g/l, y una gran oscilación anual. La proporción iónica equivalente está próxima al agua de mar y presenta pocas oscilaciones. A lo largo del ciclo anual no se han medido fosfatos y las concentraciones de nitrógeno inorgánico son bajas.

### **Localización geográfica y características hidrológicas**

Las salinas de Cabo de Gata (36°, 43', 4'' Lat N. y 2°, 11', 30'' Long W) se localizan en el extremo sudoriental de la provincia de Almería, en el flanco derecho de la bahía, estando incluidas en la comarca natural conocida como campos de Níjar, aunque abarca en su integridad terrenos del término municipal de Almería. Constituyen, dentro de la provincia de Almería y junto a las salinas de Cerrillos y Punta-Entinas-Sabinar, una de las zonas húmedas más relevantes de Andalucía Oriental, incluyendo la Laguna de Fuente de Piedra.

Dada la singularidad climática del área en la que se integran, resulta obvio que la carga por precipitación no constituye un capítulo de importancia en el balance hidrológico de las salinas. Es, sin duda, su situación litoral en una cota inferior a la del mar, la característica hidrográfica fundamental del área, ya que esta particularidad permite la entrada directa de agua marina empujada por gravedad e impulsada por los vientos dominantes de poniente.

### **Geomorfología y Edafología**

Enclavadas al pie del extremo sudoeste de la sierra volcánica de Cabo de Gata y en la zona este de la bahía de Almería, ocupan una superficie aproximada de 500 ha y se extienden, a lo largo de 4.500 m, paralelas al litoral sobre terrenos muy bajos de origen Cuaternario. Están separadas de la playa por una barrera de dunas fósiles, depósitos o barjanas arenosos ya fijados y dunas embrionarias, de 200-500 m de anchura, y de la sierra por un pedregoso piedemonte cubierto de vegetación esteparia.

Las formaciones arenosas que separan el complejo salinero del mar, no presentan un suelo desarrollado, careciendo de horizontes genéticos y sólo soportan vegetación xerofítica perteneciente a la alianza *Ammophilion arundinaceae*. En las Salinas, sobre estratos sedimentarios miocenos y pliocenos, se disponen materiales recientes, de origen aluvial, procedentes de arrastre de la sierra volcánica y de los cauces fluviales colindantes (Rambla de Las Higuierillas y Rambla Morales), durante períodos de abundante pluviosidad del cuaternario. En las áreas encharcadas, el suelo, mezcla de arenas limos y arcillas, tiene un carácter extremadamente salino y presenta difícil drenaje, poca aireación y sólo puede ser colonizado por vegetación halófila de *Sarcocornietea*.

### **Comunidades vegetales**

En las salinas del Cabo de Gata es posible diferenciar cuatro unidades de vegetación, distribuidas espacialmente según gradientes edáficos (salinidad, humedad y granulometría del suelo). Por un lado se distinguen las comunidades de especies hidrófilas y halófilas, localiza-

das en las zonas de salinas “sensu stricto”, conformadas por *Ruppia cirrhosa* y *Riella helicophylla* en el primer caso y por densos matorrales de vegetación fruticosa y suculenta donde predomina *Sarcocornia fruticosa* y *Arthrocnemum macrostachyum* u otras especies asociadas como *Limonium cymuliferum*, *Inula crithmoides*, *Frankenia corimbosa* y *Salsola vermiculata* a medida que se distancia de las zonas inundables.

Sobre las arenas estabilizadas predominan comunidades con *Teucrium belion*, *Silene littorea*, *Ammophila arenaria*, *Sporobolus pungens*, *Cyperus capitatus*, *Pancratium maritimum* y *Helichrysum stoechas* var. *maritima*, siendo las más abundantes *Ononis natrix* subsp. *Ramosissima*, *Otanthus maritimus* y *Crucianella maritima*. El cono de deyección del barranco circundante a lo largo de la orilla oriental se encuentra ocupado por típicas comunidades de estepa mediterránea representativas del último escalón serial de la degradación de los espinares de *Ziziphus lotus*; especies típicas de esta zona son *Thymelaea hirsuta*, *Asparagus stipularis*, *Suaeda vera* y dos endemismos del SE peninsular *Salsola papillosa* y *Linaria nigricans*.

Las áreas inundables que orlan por el N-NE las Salinas, aparecen ocupadas por carrizales y tarayales. Comunidad bien caracterizada fisionómicamente, se encuentra hoy día en claro proceso de regeneración. Las especies dominantes, *Phragmites australis*, *Tamarix canariensis* y *Tamarix boveana*, son de gran importancia en la invernada como área de refugio para ardeidos y paseriformes.

Por último, los juncuales aparecen en escasos enclaves y se encuentran conformados por *Juncus matitimus* y *Juncus acutus* asociados con cyperáceas y gramíneas. Ocupan casi exclusivamente las depresiones o “corrales” de terrenos flanqueados por grandes barjanas arenosas fijos, que son resultado de las labores de limpieza histórica de dichos terrenos para dedicarlos al cultivo de producto de huerta.

## **Ornitocenosis**

El grupo de las aves, el más importante en las salinas tanto cualitativa como cuantitativamente, se encuentra representado por numerosas especies que alcanzan su máximo en el período septiembre-octubre. En las salinas es posible observar desde láridos (*Larus fuscus*, *Larus ridibundus* y *Larus audouinii*) hasta limícolas (*Recurvirostra avosetta* e *Himantopus himantopus*, que son nidificantes y *Calidris alba*, *Calidris alpina*, *Limosa limosa*, *Limosa lapponica*, etc.); es destacable la presencia del flamenco, *Phoenicopterus ruber*, con varios intentos de nidificación, así como la Gaviota de audouini (*Larus audouinii*).

## **Régimen de propiedad y usos del suelo**

Además de la extracción de sal, tienen lugar en la zona un cierto aprovechamiento ganadero (centenar de cabezas de ganado lanar que se mantienen de manera permanente en la región), un ocasional aprovechamiento vegetal (carrizal y juncal) y un creciente uso didáctico. Las salinas del Cabo de Gata se encuentran actualmente en explotación, siendo su propietaria la empresa Salins du Midi. Se están discutiendo los términos de un convenio entre dicha empresa y la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía con el fin de realizar una gestión eficaz que propicie la protección y explotación de sus recursos naturales, para ello contem-

pla una batería de medidas tendentes a optimizar la pervivencia del uso salinero y el desarrollo de nuevas finalidades científicas y educativas.

### **Régimen de protección**

El Plan General de Ordenación Urbana del territorio municipal de Almería, al que las Salinas pertenece, clasifica toda la zona como Suelo No Urbanizable de Protección Especial (ZIN: zona de interés natural). El Plan Especial de Protección del Medio Físico de la provincia de Almería, cataloga las salinas como Zona de Protección Especial, mientras que el Gobierno andaluz las declara protegidas dentro del Parque Natural siguiendo la Ley 15/1975 de 2 de mayo, mediante el Decreto 314 de 23 de diciembre de 1987; según este Decreto, las salinas de Cabo de Gata se integran dentro del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar como una de las cuatro unidades ambientales que lo componen. El Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque, aprobado igualmente por Decreto, las somete al máximo nivel de protección (Grado A) como Zonas Húmedas Antrópicas permanentes. Grado que posibilita la coexistencia de los usos salineros con los científicos y educativos.

### **El proceso salinero**

Desde tiempos inmemoriales el hombre aprendió a utilizar las propiedades anticorruptoras de la sal común (cloruro sódico) para preservar en buenas condiciones alimentos básicos como la carne y el pescado. El clima del litoral mediterráneo ibérico, caracterizado por temperaturas medias elevadas y ausencia casi total de lluvias estivales, unido a la existencia de costas bajas y arenosas con numerosas albuferas, se prestó a la instalación desde antiguo de explotaciones salineras dedicadas a la obtención de sal común.

Aunque posiblemente las salinas daten de época fenicia, su explotación se confirma a partir del siglo XI, durante el período de reinado de Almotacín. En el siglo XVI eran siete las salinas en funcionamiento en el litoral almeriense de cuya producción un 20 % correspondía a las de Cabo de Gata. La sal producida era utilizada para el consumo directo, el salazón de pescado y la alimentación del ganado trashumante que bajaba a invernar a los pastos litorales procedente de las sierras de Granada y Jaén. Desde 1925 las salinas han pertenecido a Unión Salinera de España, S.A.

A partir de 1961, Unión Salinera de España, S.A. mecaniza las instalaciones manteniendo en los últimos años una producción media en torno a 30.000 t. En esencia, el proceso salinero consiste en la progresiva concentración del agua del mar en estanques poco profundos, hasta provocar la precipitación espontánea y fraccionada de todos los componentes salinos, aunque sólo se recolecta la porción dominante correspondiente al cloruro sódico que precipita al final del proceso.

El agua marina inunda los primeros estanques del recinto salinero que al estar bajo el nivel del mar, se produce por simple gravedad a través de un canal ligeramente inclinado y después de ser bombeada desde un punto costero próximo. En los tres primeros estanques decantan los sólidos en suspensión que contiene el agua, al mismo tiempo que por efecto de la evaporación se alcanza progresivamente una concentración doble a la inicial, de 38 g/l de sal (3,5 ° Be). Durante esta fase los carbonatos de calcio y de calcio-magnesio comienzan a saturarse pre-

cipitando únicamente de forma puntual. Cuando el agua alcanza 70 g/l (7° Bè) pasa al siguiente grupo de estanques mediante una bomba eléctrica, mientras los primeros se reinundan de nuevo con agua marina.

Este nuevo grupo de cuatro estanques recibe el nombre de evaporadores, porque en ellos continúa el proceso de evaporación del agua almacenada. El aumento en la concentración de iones provoca la saturación de los carbonatos durante todo el ciclo anual, grupo de sales que presentan el menor producto de solubilidad, y consecuentemente el primero en precipitar. En algunos momentos del ciclo, coincidentes con máximos de concentración (250 g/l - 18° Bè) en los meses de agosto y septiembre, el yeso ( $\text{CaSO}_4$ ) llega a saturarse y precipita en forma de cristales macroscópicos fácilmente detectables. El agua más concentrada de los evaporadores pasará a los calentadores, grupo contiguo de tres estanques donde el yeso es el mineral dominante. La continua cristalización durante todo el ciclo origina las típicas “formaciones de domo” características de estos estanques. Los estanques que culminan el proceso salinero se denominan cristalizadores, agua muy enriquecida en sal común o cloruro sódico (ClNa) que comienza a precipitar a partir de 25° Bè. La fina lámina de agua que se mantiene sobre la precipitación de cloruro sódico contiene además sulfatos de calcio, sodio y magnesio, bromuro sódico y cloruros magnésico y potásico. El pequeño porcentaje de sales de magnesio y de bromuro sódico que comienzan a precipitar a partir de los 25° Bè no suponen un problema grave como impurezas. Sin embargo, a partir de los 29° Bè comienza la precipitación masiva de sales magnésicas, razón por la cual los salineros han de procurar que el agua no alcance esta densidad introduciendo continuamente agua de refresco, y drenando el sobrenadante acuoso mediante la canalización de los cristalizadores, antes de la recolección, entre los meses de septiembre y octubre.

## **CONSECUENCIAS ECOLÓGICAS DEL PROCESO SALINERO. DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA AVIFAUNA**

Como consecuencia del proceso salinero, se producen, a lo largo del año, variaciones en la profundidad y en la salinidad de cada uno de los charcones, que afectan a la ornitofauna acuática condicionando su distribución. La salinidad afecta principalmente a los grupos de aves que dependen de recursos tróficos poco tolerantes con el medio, tal como sucede con algas y peces. Así, su distribución se ciñe exclusivamente a los tres primeros estanques, con preferencias por el primero de ellos, que mantiene el agua menos concentrada de todo el recinto acogiendo al grupo de las garzas y a la mayoría de las anátidas; con excepción del pato cuchara (*Anas clypeata*) y del tarro blanco (*Tadorna tadorna*), cuya alimentación en las salinas se basa en crustáceos y larvas de insectos.

La profundidad de los estanques se ve alterada por la dinámica del agua -entrada directa o por bombeo desde el exterior y sucesivos trasvases mediante compuertas-, y como consecuencia, la amplitud y longitud de las playas de fango que limitan la periferia de algunos de ellos, pudiendo anegar temporalmente los diques más bajos o provocar la desaparición de ciertos islotes. Los descensos de nivel aumentan la superficie de las playas y la longitud de las orillas a la vez que permite la ocupación de toda la superficie de los grandes charcones por parte de los

limícolas vadeadores (habitualmente inaccesibles por exceso de profundidad). La entrada de agua mantiene durante la mayor parte del año grandes extensiones de sustrato arcilloso fuera del alcance de los limícolas y reduce o elimina reposaderos tradicionales.

Durante la invernada, que abarca los meses de noviembre, diciembre y enero, las salinas alcanzan los niveles más bajos de todo el año originando una ocupación y distribución uniforme de los vadeadores en todo el recinto. El paso prenupcial, durante febrero y marzo, se puede resumir constatando la entrada masiva de agua del exterior que inunda las seis primeras charcas, en las que desaparecen islotes y se recortan playas. La desecación casi total en que se mantienen los estanques laterales 7 y 8 compensa en parte la subida, transformándolos en las únicas plataformas explotables para la mayoría de los limícolas en esta época del año.

En el período estival y de nidificación que abarca desde abril hasta agosto, se produce la concentración de los reproductores, básicamente, en las tres primeras charcas, que mantienen niveles de agua superiores a la media anual. En las charcas 4, 5 y 6 la altura de algunos diques, la ausencia total de islotes y el mantenimiento de niveles muy altos durante todo el período primavera-verano impide la nidificación y ocupación por parte de los limícolas. Los estanques 7 y 8 disminuyen su superficie emergida, a pesar de lo cual suelen conservar durante todo el verano en su margen oriental niveles someros y orillas limo-arenosas ricas en microfauna, lo que explica que sean los más utilizados por las aves acuáticas.

Durante el paso postnupcial en septiembre y octubre, la llegada de nuevos contingentes de aves coincide con el descenso progresivo de los niveles. Esto transforma al complejo salinero, con menores gradientes de salinidad, de nuevo en un área accesible para el conjunto de los limícolas con la excepción del bloque de estanques 4, 5 y 6 que mantienen niveles altos impidiendo su explotación. Finalmente, los contingentes de flamencos y gaviotas en las salinas muestran una distribución independiente a los parámetros considerados. Los primeros con una población media mínima de 300 individuos durante la invernada y máxima de 3000 en verano se distribuyen ocupando una mayor o menor superficie inundada debido, fundamentalmente, a la mayor o menor densidad de población registrada en cada momento, sin influir de modo considerable el nivel o la salinidad del agua, que no suponen impedimento para su accesibilidad a los recursos que suelen explotar: artemia salina, hydrobia y camarón.

Los láridos, a excepción de charrancitos y gaviota reidora, que capturan pequeños peces y camarones en los primeros estanques, utilizan las salinas exclusivamente como reposadero, ocupando principalmente calentadores y cristalizadores como áreas de descanso.

### **Criterios de importancia internacional en función de las aves acuáticas**

La importancia ornitológica del área radica en su privilegiada situación geográfica, como punto de escala obligatoria en la ruta África-Europa para numerosas especies de aves migratorias y como estación de invierno para otras muchas. También presenta las condiciones apropiadas, en cuanto a cobertura y recursos alimenticios, para que pueda nidificar un numeroso grupo de especies que se mantiene sedentario o llega a la región pasado el invierno.

Las especies que superan los criterios numéricos establecidos por Ramsar para clasificar este área como de importancia Internacional son la avoceta (*Recurvirostra avosetta*), la cigüeñuela (*Himantopus himantopus*) y el chorlito patinegro (*Charadrius alexandrinus*) como

nidificantes y la avoceta (*Recurvirostra avosetta*), el flamenco (*Phoenicopterus ruber*) y, la Gaviota de audouin (*Larus audouinii*) como invernantes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Muestreo y elaboración de la información

Fueron tomados los datos siguientes:

1. Abundancia de las aves, con periodicidad mensual durante un ciclo anual completo (1997), mediante observaciones de cada una de las diez charcas llevadas a cabo entre las 6 y las 12 horas solares en tres días de la primera semana de cada mes. Se anotó el número de individuos avistados de cada especie a lo largo de esos tres días. Durante el censo se anotó la actividad desarrollada por la mayor parte de los individuos de cada población (reposar, andar, vadear, nadar, zambullirse, volar, comer durante esas actividades, comer en la superficie del agua, a media profundidad y en el fango).

2. Características del ambiente: longitud de la columna de agua en cada charca, rango de variación anual de ésta, pH, concentración de sales ( $\text{CO}_3\text{H}^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, densidad del agua, temperatura, fuerza iónica y conductividad, al realizar cada mes las observaciones de aves. Las muestras de agua se tomaron siempre en los comederos más poblados por aves.

Se dispuso de una matriz, [1], con datos de abundancia de 48 especies x 117 observaciones. Éstas últimas corresponden a 10 charcas con sus datos de 12 meses consecutivos, con excepción de los meses de octubre, noviembre y diciembre en la charca 10, que estuvo seca. Otro conjunto de datos, [2], contenía las 17 variables abióticas medidas en las 117 observaciones. Se dispuso también de otras dos matrices (Fig. 2a): [3], de especies x tiempo, con datos de abundancia de las 48 especies en los 12 meses de observación, agregando como un sólo valor mensual los datos de abundancia de cada especie en el conjunto de charcas observadas, anulándose por tanto la variación espacial, y [4], de especies x espacio, con datos de abundancia de las 48 especies en las 10 charcas, agregando ahora como un sólo valor por charca los datos de abundancia registrados en éstas durante 12 meses, anulándose así la variación anual.

Cada especie fue caracterizada también para un conjunto de 7 rasgos fenológicos y para 19 rasgos morfológicos y tróficos (Apéndice 2), obteniéndose nuevas matrices: [5], de 48 x 7, y [6], de 48 x 19. Los productos de las matrices [3] y [4] por cada una de estas dos proporcionan cuatro conjuntos de datos (Fig. 2b):

[3] x [5] = [7], matriz de rasgos fenológicos de las aves de la salina en cada uno de los 12 meses de observación,

[3] x [6] = [8], matriz de rasgos morfo-tróficos de las aves de la salida en cada uno de los 12 meses de observación,

[4] x [5] = [9], matriz de rasgos fenológicos de las aves observadas en cada una de las 10 charcas



[4] x [6] = [10], matriz de rasgos morfo-tróficos de las aves observadas en cada una de las 10 charcas

### **Análisis numérico**

Las matrices de rasgos fenológicos y morfo-tróficos de las aves asignados al tiempo, [7] y [8], y al espacio, [9] y [10], sirvieron para caracterizar la organización espacio-temporal de la comunidad de aves, partiéndose de la hipótesis de que los rasgos fenológicos caracterizarían mejor la organización temporal de las aves que la espacial e, inversamente, los rasgos morfo-tróficos caracterizarían mejor la variación espacial que la temporal. El estudio se hizo mediante los parámetros de la entropía total (PIELOU, 1977, PINEDA et al. 1981): con ayuda de la fórmula de Shannon-Wiener (SHANNON & WEAVER, 1963) se calculó la diversidad global, diversidad alfa, pattern diversity en el tiempo y el espacio, y amplitud y solapamiento de nichos descritos a través de aquellos rasgos.

$$H(T.E) = H(T) + H(E/T) = H(E) + H(T/E)$$

En este análisis, la diversidad global,  $H(T.E)$  es la entropía rasgos X ambiente, y mide la incertidumbre de que un rasgo dado exista en un ambiente determinado (lugar o momento). En los casos [7] y [9] los rasgos, T, son fenológicos, y se asignan respectivamente al ambiente, E, que caracteriza a cada uno de los doce meses del año, [7], o a cada charca, [9]. En los casos [8] y [10] esos rasgos son morfo-tróficos, y se asignan igualmente al tiempo, [8], y al espacio, [10].  $H(T)$  es la diversidad alfa (entropía de los rasgos) y mide la incertidumbre de que un rasgo dado se encuentre en cualquiera de los 12 meses estudiados, [7 y 8], o en cualquiera de las charcas [9 y 10].  $H(E/T)$  es el space-time pattern diversity (entropía de los ambientes, definidos en el espacio o en tiempo, condicionada a los rasgos), y mide la incertidumbre de que en rasgo dado exista en un ambiente determinado.

$H(E)$  es la diversidad alfa de los ambientes, definidos en el espacio o en el tiempo, y mide la incertidumbre de que un ambiente dado sea ocupado por comunidades de aves que tengan todos los rasgos considerados.  $H(T/E)$  es el pattern diversity de los rasgos (entropía de los rasgos condicionada a los ambientes) y mide la incertidumbre de que un ambiente dado sea ocupado por un rasgo determinado.

La amplitud promedio del nicho, A, de la comunidad de aves caracterizada por los rasgos considerados (nicho temporal, en los casos [7] y [8] y espacial, en [9] y [10]), se midió por el cociente entre  $H(E/T)$  y el valor máximo que pueda alcanzar  $H(E)$ . A varía desde 0 (ocupación absolutamente diferencial del ambiente por las distintas comunidades a lo largo del tiempo o el espacio) hasta 1 (ocupación uniforme del ambiente por todas las comunidades). Igualmente, el solapamiento promedio del nicho, S, de la comunidad de aves caracterizada por estos rasgos (solapamiento temporal, en los casos [7] y [8], y espacial, en [9] y [10]), se midió por el cociente entre  $H(T/E)$  y el valor máximo que pueda alcanzar  $H(T)$ . S varía desde 0 (no hay ninguna coincidencia en la ocupación del ambiente por las diferentes comunidades a lo largo del tiempo o el espacio) hasta 1 (hay total coincidencia en esa ocupación).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra los distintos parámetros de la entropía total calculados para las matrices [7] y [8]. Durante el ciclo anual, la diversidad de rasgos fenológicos, [7], fue muy baja: 0.713 bits (para un total de siete rasgos, la diversidad máxima sería  $H(f) = \log_2 7 = 2.806$  bits). Ese bajo valor indica que unos pocos rasgos de los siete estudiados son dominantes en la salina a lo largo del ciclo anual. Se trata de los rasgos “sedentario” e “invernante” que, con sus altos valores de  $A_i$  (0.970 y 0.861 respectivamente), caracterizan a la salina dominando buena parte del ciclo anual. La amplitud promedia del nicho temporal durante el ciclo anual es alta ( $A = 0.950$ ) para el conjunto de rasgos fenológicos. Sin embargo, el solapamiento de nichos es bastante bajo ( $S = 0.222$ ). Así que, aunque aquellos dos rasgos dominan todo el año y, en general, los nichos temporales de los restantes rasgos son relativamente amplios, existe una notable segregación en su coincidencia en el tiempo. El carácter especialista en el ciclo anual de la salina viene representado por el rasgo “accidental” de algunas aves, bien en invierno ( $A_i = 0$ ) o en el resto del año ( $A_i = 0.323$ ), así como, en menor medida, por el carácter “estival ( $A_i = 0.613$ ) y de paso “pot-nupcial” ( $A_i = 0.603$ ).

En cuanto a los rasgos morfo-tróficos (Tabla 1 [8]), el resultado es bien diferente. Siendo la amplitud promedia del nicho temporal bastante alta ( $A = 0.958$ ), el solapamiento también lo es ( $S = 0.859$ ). Es decir, conviven en la salina todo tipo de rasgos morfológicos y comportamientos tróficos sin que prácticamente haya exclusión competitiva de estos rasgos a lo largo de todo el ciclo anual. El único carácter especialista ( $A_i = 0$ ) de la estructura morfo-trofo-temporal es “come mientras vuela”, propio de los fumareles en su paso prenupcial.

La Tabla 2 muestra los valores de los parámetros de la entropía total calculados para caracterizar la ocupación del espacio de acuerdo con los rasgos considerados. La diversidad de rasgos fenológicos que, como cabe esperar, alcanza idéntico valor que en caso [7], indica ahora que unos pocos rasgos dominan en el conjunto de las charcas de la salina. Estos rasgos son “accidental en invierno” ( $A_i = 0$ ) y, en menor medida, “Estival” ( $A_i = 0.541$ ) y “accidental en el resto del año” ( $A_i = 0.579$ ). La amplitud promedia del nicho espacial es alta ( $A = 0.905$ ), y bastante bajo el solapamiento ( $S = 0.234$ ). Esto denuncia una organización espacial con ocupación de una amplia gama de charcas por cada uno de los tipos de comunidades, pero compartiéndolas poco, siendo los rasgos “sedentario” e “invernante” los que caracterizan a la salina tanto en el conjunto de sus charcas ( $A_i = 0.921$  y  $0.867$  respectivamente, Tabla 2 [9]) como a lo largo del año (Tabla 1 [7]).

WETLANDS	Impacts	Status Protection
Río Antas	U, W	---
Río Aguas	U, W	---
Salinas Cabo de Gata	---	RP, R
Salinas de Cerrillos	U, GH	RP
Punta Entinas	---	RP
Salinas Guardias Viejas	disappeared	---
Cañada Las Norias	GH, DS	---
Adra Honda	GH	RP, R
Adra Nueva	GH	RP, R

Table 2. Impacts- U: urbanization; GH: greenhouse; W: wastewater; DS: dumping solid and liquid waste. Status protection - RP: regional park; R: Ramsar list.

Respecto a los rasgos morfo-tróficos (Tabla 2 [10]), comunidades con diferentes rasgos comparten el espacio de forma notable ( $S = 0.857$ ), conviviendo pues en los mismos períodos del ciclo ([8]) y en las mismas charcas ([10]).

La “herbivoría” ( $A_i = 0.371$ ) y los rasgos de comer “en vuelo” ( $A_i = 0$ ) y “zambulléndose” ( $A_i = 0.513$ ) y “descansar fuera del agua” ( $A_i = 0.565$ ) son los rasgos de la comunidad estudiada que muestran una localización específica en el conjunto de charcas de la salina. La primera ocurre uniformemente a lo largo del año ( $A_i = 0.938$ ), [8], como “descansar fuera del agua” ( $A_i = 0.911$ ), [8]. Comer “en vuelo”, ya comentado como propio de los fumareles, está característicamente asociado a una sola charca (la 1) en el mes de mayo, cuando abundan larvas de insectos en la superficie del agua. En cuanto a comer “zambulléndose”, se trata de un rasgo propio de las primeras charcas, con una duración media ( $A = 0.702$  [8]) a lo largo del año.

Amplitud de nicho promedio	Solapamiento de nicho promedio	Comunidades	Amplitud individual de nicho
0.950	0.222		
		Paso post-nupcial	0.603
		Paso prenupcial	0.785
		Estival	0.613
		Sedentario	0.970*
		Invernante	0.861*
		Accidental invierno	0.000
		Accidental resto año	0.323
0.958	0.859		
		Generalista	0.974
		Especialista	0.941
		Come en superficie	0.930
		Come lámina intern.	0.966
		Come en fango	0.973
		Tarso corto	0.975
		Tarso largo	0.979
		Pico largo	0.979
		Pico medio	0.808
		Pico corto	0.975
		Come nadando	0.915
		Come zambull.	0.702
		Come vadeando	0.981
		Come andando	0.962
		Come en vuelo	0.000
		Carnívoro	0.951
		Herbívoro	0.938
		Omnívoro	0.961
		Descansa posado	0.911

Tabla 3a. Organización temporal. Entropía de los rasgos fenológicos (7) y morfotróficos (8) de la avifauna asignados a las salinas durante 12 meses de observación. Valores en bits Aunque la segregación de los diferentes rasgos en el tiempo y en el espacio es bastante sutil, dado el predominio de altas amplitudes de nicho, la organización temporal queda relativamente mejor descrita mediante rasgos fenológicos que mediante rasgos morfo-tróficos, de acuerdo con la hipótesis hecha. Así, cuatro rasgos fenológicos diferencian bien ( $A_i < 0.614$ ) los meses del año (Tabla 1), frente a sólo un rasgo morfotrófico, predominando además, entre estos rasgos, altos valores de amplitud de nicho. Igualmente, la organización espacial la caracterizan cuatro rasgos morfo-tróficos (Tabla 2), frente a tres fenológicos, apareciendo valores de amplitud en general inferiores ([10] al caso anterior ([8]).

Amplitud de nicho promedio	Solapamiento de nicho promedio	Comunidades	Amplitud individual de nicho
0.950	0.234		
		Paso post-nupcial	0.661
		Paso prenupcial	0.718
		Estival	0.541
		Sedentario	0.921
		Invernante	0.867
		Accidental invierno	0.000
		Accidental resto año	0.579
0.896	0.857		
		Generalista	0.924
		Especialista	0.715
		Come en superficie	0.949
		Come lámina intern.	0.910
		Come en fango	0.853
		Tarso corto	0.838
		Tarso largo	0.903
		Pico largo	0.895
		Pico medio	0.914
		Pico corto	0.852
		Come nadando	0.934
		Come zambull.	0.513
		Come vadeando	0.905
		Come andando	0.843
		Come en vuelo	0.000
		Carnívoro	0.950
		Herbívoro	0.371
		Omnívoro	0.820
		Descansa posado	0.565

Tabla 3b Organización espacial. Entropía de los rasgos fenológicos (7) y morfotróficos (8) de la avifauna asignados a las 12 charcas de las salinas. Valores en bits.

## BIBLIOGRAFÍA

BERNÁLDEZ, F.G. (1989). "Ecosistemas áridos y endorreicos españoles". *Seminario Zonas Áridas en España*. Real Acad. De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid; p. 223-238.

BERNÁLDEZ, F.G.; REY BENAYAS, J.M.; MARTÍNEZ, A. (1990). "Typology of impacts by groundwater withdrawal in Central Spain". *J. of Hydrology*.

BRITTON, R. H. Y JOHNSON, A.R. (1987). "An Ecological Account of a Mediterranean Salina: The Salin de Giraud, Camargue (S. France)". *Biological Conservation*, 42: 185-230.

CAPEL MOLINA, J.J. (1977). *El clima de la provincia de Almería*. Publicaciones de la Caja de Ahorros de Almería.

CASTRO, H. (1993). *Las Salinas de Cabo de Gata. Ecología y dinámica de las poblaciones de aves en las Salinas de Cabo de Gata*. Instituto de Estudios Almerienses.

CASTRO, H. (1991). *Evolución anual de la estructura de la comunidad de aves acuáticas en las salinas de Cabo de Gata. Jornadas de Zonas húmedas Andaluzas*; p. 93-98. Asociación Andalus y fundación Bios.

CASTRO, H.; GUIRADO, J.; NEVADO, J.C.; LÓPEZ CARRIQUE, E. (1993). "Gestión y restauración de humedales salinos en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar". *Jornadas sobre las bases ecológicas para la restauración de humedales en la cuenca mediterránea*. Monografías AMA Sevilla.

CASTRO, H. et al. (1989). "Salinas de Cabo de Gata". *Estudio de la gestión integrada de las zonas húmedas costeras de Andalucía*; p. 47-55. Comisión de las Comunidades Europeas. D.G. XI.

CASTRO, H.; NEVADO, J.C. (1990). "Salinas de Cabo de Gata". *Humedales españoles en la lista del convenio de RAMSAR*; p. 45-51. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA. Colección Técnica. Madrid.

CASTRO, H.; LÓPEZ, E.; RESCIA, A.; AGUILERA, P.A.; SCHMITZ, M.F.; PINEDA, F.D. (1999). "Space-time behaviour of a salt pan community of birds: structure and pattern diversity of their traits". *Oikos* (en revisión)

MARTINEZ VIDAL, J.L.; CASTRO, H. (1990). *Las Albuferas de Adra. Estudio Integral*. Instituto de Estudios Almerienses, 356 pp.

MOLINA, L.; SÁNCHEZ, S. (1996). *Estudio hidrogeoquímico de las Salinas de Cerrillos*. Consejería de Medio Ambiente, Comunidad Autónoma de Andalucía.

MONTES, C. (Cord.), (1995). *Tipificación y clasificación de humedales: bases para la elaboración de modelos de actuación y gestión prioritarios*. Dirección General de Obras Hidráulicas, MOPTMA.

MONTES, C. (1995). *Bases ecológicas para la restauración de humedales en la cuenca mediterránea*. Monografías AMA Sevilla.

MONTES, C.; MARTINO, P. (1987). "Las lagunas salinas españolas". In: *Bases científicas para la protección de los humedales en España*; p. 95-145. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid.

PIELOU, E.C. (1977). *Mathematical ecology*. Wiley Interscience, London.

PINEDA, F.D.; NICOLÁS, J.P.; RUIZ, M.; PECO, B.; BERNÁLDEZ, F.C. (1981).  
“Succession, diversité et amplitude de niche dans les pâturages du centre de la péninsule  
ibérique”. *Vegetation*, 47: 267-277.