



**UNIVERSIDAD DE
MURCIA**

**LICENCIATURA DE CIENCIAS AMBIENTALES
FACULTAD DE BIOLOGÍA
PROYECTO FINAL DE CARRERA.**

**CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE
LAS COMUNIDADES DE AVES ACUÁTICAS
EN AGUAS COSTERAS Y DE TRANSICIÓN
DE LA REGIÓN DE MURCIA.**



**Carmen Perona Guillamón.
Septiembre 2011.**

**TUTORES:
FRANCISCO ROBLEDANO AYMERICH
PABLO FARINÓS CELDRÁN**

1.	INTRODUCCIÓN	6
1.1.	LAS AGUAS DE TRANSICIÓN	6
1.2.	LA LAGUNA COSTERA DEL MAR MENOR	7
1.2.1	Descripción general de la laguna y su encuadre geográfico	7
1.2.2	CARACTERÍSTICAS DE LA LAGUNA	8
1.2.2.1	Geomorfología del Mar Menor.....	8
1.2.2.2	Cuenca hidrográfica y características del campo de Cartagena	9
1.2.2.3	Características hidrológicas e hidrodinámicas	10
1.2.2.4	Sedimentos	11
1.2.2.5	Valores biológicos	12
1.2.2.6	Figuras de protección.....	13
1.2.2.7	Valores culturales y etnográficos.....	14
1.2.2.8	Uso turístico del Mar Menor	15
1.3.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	15
1.3.1	FACTORES DE PRESIÓN	16
1.3.1.1	Contaminación minera	16
1.3.1.2	Agricultura.....	17
1.3.2	IMPACTOS DERIVADOS.....	21
1.3.2.1	Cambios en la concentración de nutrientes. Eutrofización	21
1.3.2.2	Cambios en la composición de especies y aprovechamiento de recursos. Alteración de redes tróficas.....	22
1.3.2.3	Perturbación de hábitats	23
1.3.3	AVES ACUÁTICAS COMO BIOINDICADORES	24
1.4.	OBJETIVOS	27
1.3.4	GENERAL	27
1.3.5	ESPECÍFICOS.....	27
2.	METODOLOGÍA	29
2.1.	TRABAJO DE CAMPO	29
2.1.1	SELECCIÓN DE LOS SECTORES DE MUESTREO.....	29
2.1.2	SELECCIÓN DE ESPECIES.....	38
2.1.3	PLANIFICACIÓN DE LAS TEMPORADAS: CALENDARIO DE CENSOS 41	
2.1.4	REGISTRO DE DATOS: FICHAS DE CENSO Y DE SECTOR.....	42
2.1.5	METODOLOGÍA DE OBSERVACIÓN	42
2.2.	CÁLCULO DE ÍNDICES.....	43
2.3.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	44
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1.	ÍNDICES ESTRUCTURALES: ABUNDANCIA, RIQUEZA Y DIVERSIDAD SHANNON-WIENER.....	46
3.2.	ÍNDICES DE CONSERVACIÓN: LRAE Y SPEC.....	62
3.3.	ANÁLISIS DE SIMILARIDAD Y ESPECIES INDICADORAS.....	67
4.	CONCLUSIONES	77
5.	AGRADECIMIENTOS.....	79
6.	BIBLIOGRAFÍA	80

ÍNDICE DE FIGURAS, IMÁGENES Y TABLAS

FIGURAS	Pág.
Figura 1: Localización del Mar Menor.....	7
Figura 2 Localización de los puntos de	29
Figura 3 Sectores de muestreo e influencias recibidas.....	37
Figura 4 Abundancia total de especies invernantes.....	45
Figura 5 Distribución de la Serreta mediana en la laguna.....	47
Figura 6 distribución invernante del Somormujo lavanco.....	48
Figura 7 distribución invernante del Zampullín cuellinegro.....	48
Figura 8 abundancia total de la Focha común.....	49
Figura 9 Abundancia total por sectores.....	51
Figura 10 Diversidad Shannon-Wiener por sectores.....	52
Figura 11 comparaciones entre H' y la Abundancia de cada invierno.....	53
Figura 12 abundancia total de especies estivales.....	54
Figura 13 abundancia estival del Charrancito común.....	55
Figura 14 abundancia estival del Charrán común.....	56
Figura 15 abundancia total por sectores.....	57
Figura 16 diversidades Shannon-Wiener por sectores.....	58
Figura 17 comparaciones entre H' y la abundancia de cada verano.....	59
Figura 18 valores índice LRAE por período estacional.	61
Figura19 valores del índice SPEC.....	63
Figura20 MDS bruto.....	66
Figura 21 MDS invernacional factor “banda”.....	67
Figura 22 MDS invernacional factor cubeta.....	68
Figura 23 MDS invernacional categorías de conservación LRAE.....	69
Figura 24 MDS invernacional categorías de conservación SPEC.....	69
Figura 25 MDS estival factor banda.....	70
Figura 26 MDS estival factor cubeta.....	71
Figura 27 MDS categorías LRAE para verano.....	72
Figura 28 MDS categorías SPEC para verano.....	72

IMÁGENES	Pág.
Imagen 1: situación típica estival en la laguna	14
Imagen 2 agricultura en los alrededores del Mar Menor.....	17
Imagen 3 vista de los numerosos edificios de La Manga.....	19
Imagen 4 cambios en la vegetación de la Lengua de la Vaca.....	23
Imagen 5 Sectores Lengua de la Vaca; Los Nietos e Islas Menores.....	30
Imagen 6 Sector Saladar San Pedro del Pinatar.....	31
Imagen 7 Sector Marchamalo.....	31
Imagen 8 Sector desembocadura Rambla del Albuñón.....	32
Imagen 9 Sector Encañizada Vieja.	32
Imagen 10 Diversas especies censada.....	39
Imagen 11 Cormoranes grandes.....	40

TABLAS

Tabla 1 Especies seleccionadas y estatus de protección.....	38
Tabla 2 Comparación estacional de las categorías LRAE.....	62
Tabla 3 Comparación estacional de las categorías de SPEC.....	64

1. INTRODUCCIÓN

1.1. LAS AGUAS DE TRANSICIÓN

Las lagunas costeras y otras aguas de transición contribuyen de manera importante a la biodiversidad mundial, y se encuentran entre los ecosistemas más productivos del mundo (Van Den Bergh *et al*, 2005). Sin embargo, los sistemas estuarinos son también unos de los más amenazados del planeta (Ma *et al*, 2007), ya que reciben desechos peligrosos y efluentes; sufren la invasión por el desarrollo urbanístico y la sobreexplotación de recursos (Essink 2003, Álvarez- Rogel *et al*, 2006; McKinney *et al* 2006; Velasco *et al*, 2006; Pintado García *et al*, 2007). Todos estos factores afectan a las comunidades bióticas, alterando sus patrones de distribución, abundancia y uso de recursos (Ysebaert *et al*, 2000; Pérez- Ruzafa *et al*, 2007). El seguimiento de estas alteraciones puede servir como herramienta para evaluar los cambios físico- químicos y /o geomorfológicos que ocurren en las aguas de transición (Stolen *et al*, 2004).

De acuerdo con la definición de Directiva Marco del Agua (EC, 2000, 2003), las aguas de transición son “cuerpos de agua superficial próximos a la desembocadura de los ríos notablemente influidas por flujos de agua dulce”. Los ecosistemas naturales de aguas de transición como las lagunas costeras son de especial interés para la directiva Marco del Agua (2000/60/CE) (Evagelopoulos *et al*, 2008). La DMA no contempla a las aves entre los indicadores biológicos de calidad de las aguas de transición, pero la conexión entre esta Directiva y la conservación de las aves y sus hábitats, y con otra normativa internacional de conservación de la biodiversidad, es evidente. Por este motivo, en uno de los pocos intentos conocidos de conectar la conservación de las aves acuáticas y la DMA, SEO/Birdlife lanzó recientemente una campaña apoyada en un manual (Howell & González, 2010) con el que se pretende aprovechar la oportunidad que brinda esta Directiva para mejorar la gestión del agua de los humedales y las aves.

Entre la biota de los sistemas estuarinos y otras aguas costeras de transición, las aves acuáticas son probablemente, el grupo que ha sido objeto de seguimiento con más intensidad y durante más tiempo (Crivelli *et al*, 1996; Delany *et al*, 1999, Gilissen *et al*,

2002; Wetlands Internacional, 2008). El uso de la ciencia ciudadana ha sido crucial en este sentido (Kushlan, 1993). Sin embargo, la aplicación de este conjunto de datos para el monitoreo ecológico o bioindicación ha sido mucho más limitada. Las aves acuáticas han sido el principal criterio y durante mucho tiempo, prácticamente el único disponible para la designación de humedales de importancia internacional, con un papel destacado en la aplicación del Convenio Ramsar (Morgan, 1982, Green *et al*, 2002; Jackson *et al*, 2004). Pero muy a menudo, una vez que los humedales se han adjudicado la etiqueta de sitio Ramsar, los datos de monitoreo de aves acuáticas se han convertido en meros “indicadores de éxito” del tipo de gestión centrado en las poblaciones de aves y sus hábitats preferidos. En la mayoría de los casos, este éxito se ha medido sólo en términos cuantitativos (número de aves). O, en el mejor de los casos, el seguimiento de algunas especies de aves especializada ha dado lugar a algún tipo de indicación de la biodiversidad y la salud ambiental (Mañez *et al*, 2010)

1.2. LA LAGUNA COSTERA DEL MAR MENOR

1.2.1 Descripción general de la laguna y su encuadre geográfico

La laguna litoral del Mar Menor constituye el fondo de la llanura sedimentaria a la que da nombre (Campo del Mar Menor). La formación corresponde al humedal de mayor extensión de la Región de Murcia, a la vez que representa uno de sus recursos naturales más versátiles, productivos y emblemáticos. Esta laguna costera es un sistema abierto, con lo que mantiene un continuo intercambio de materiales y energía con sus sistemas adyacentes, y cuyo funcionamiento está condicionado por energías externas. (Ruzafa y Marcos, 2003)

La cubeta está cerrada por la Manga: una barrera rocosa sobre la que se han ido asentando arenas eólicas, hoy día prácticamente desaparecidas por la presión urbanística empezada desde los años 60. (Robledano *et al*, 2003)

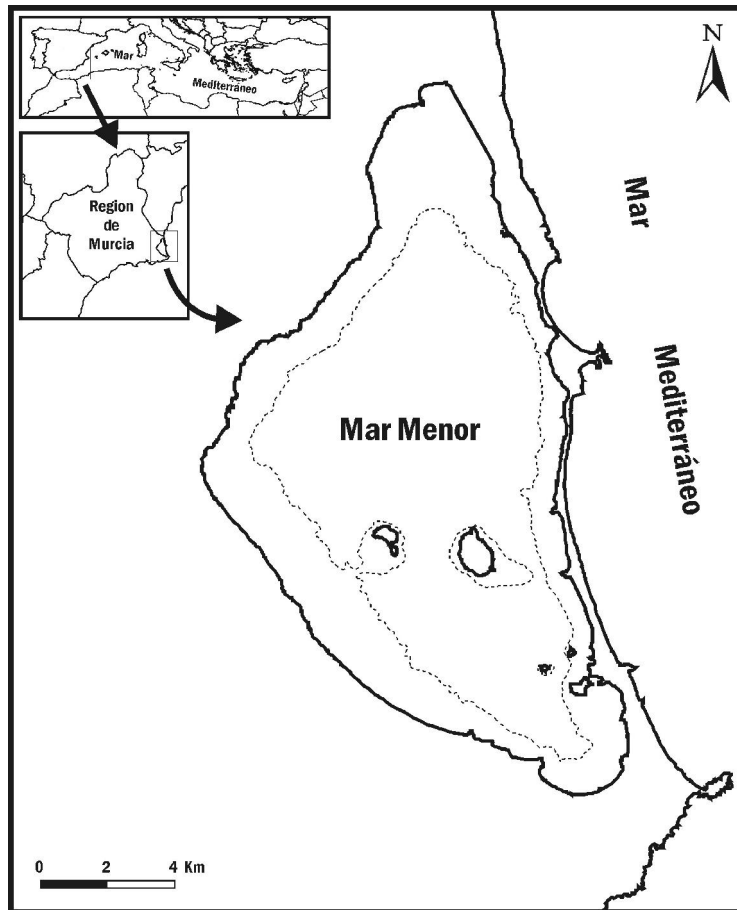


Figura 1. Localización del Mar Menor.

1.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA LAGUNA.

1.2.2.1 Geomorfología del Mar Menor

El Mar Menor constituye una masa de agua hipersalina, casi cerrada, de forma triangular, de 130 km² de superficie por 5 a 8 metros de profundidad, situado junto al Mar Mediterráneo y separado de éste por una restinga detrítico volcánica del Mioceno superior Cuaternario: La Manga, interrumpida por tres golas que los comunican. Estos canales forman un complejo de bajíos de fango y arena sometidos a movimientos irregulares de agua que crean un ambiente pseudomareal, poco común en el Mediterráneo. Las golas constituyen una zona de alimentación, reposo y nidificación que resulta esencial para diversas aves limícolas. En el interior del Mar Menor se encuentran una serie de islas volcánicas que constituían antiguos conos volcánicos: Barón, Perdiguera, Ciervo, Sujeta y Rondilla.

La Manga está formada por un cordón litoral arenoso de 24 km de largo y entre 100 y 800 metros de ancho. Se formó tras una serie de erupciones volcánicas que dieron lugar a la formación de varias islas alineadas. Hasta entonces era una bahía con extremos de rocas volcánicas, los que fomentaron la acumulación de arena de las mareas y fango de los cauces que formaron barras cada vez más compactas e intercomunicadas. (Mancheño y Arana, 2003).

En torno a la laguna se sitúan una serie de cabezos calizos y volcánicos con gran singularidad como son: El Carmolí, El Cabezo de San Ginés y El Sabinar, entre todos constituyen fuente de yacimientos minerales y fosilíferos a la vez que tienen especies representativas de flora, como la sabina mora y de fauna rupícola. (Robledano *et al*, 2003)

1.2.2.2 Cuenca hidrográfica y características del campo de Cartagena

El campo de Cartagena es una amplia cuenca de sedimentación neógena. Su reborde orográfico está constituido de sur a norte, por las sierra de Portmán, (que la separan del Mar Mediterráneo) Cartagena y la Muela (que la separan de la cuenca de Mazarrón) y sólo con cierta continuidad con la sierra de la Cresta del Gallo. Su límite norte está flanqueado por las sierras de Columbares y Carrascoy. A este control estructural se debe que, en algunos puntos, las escorrentías de la cuenca se hayan orientado después hacia el sur para desembocar directamente en el Mediterráneo (Rambla de Benipila o Rambla del Portús). La divisoria de aguas hacia el Mediterráneo o la laguna no se establece en las sierras, sino a lo largo de la línea de frentes de cuesta. Más de veinte cauces, de carácter intermitente y efímero, y altamente dependientes de de los regímenes de lluvias torrenciales y esporádicas, llegan a la laguna del Mar Menor. La red de drenaje más importante es la Rambla del Albuñón, que desemboca al sur de los Alcázares y constituye en colector hidrológico principal. (Lillo Carpio, 2003).

Hasta hace algunos años no había cursos de agua permanentes que vertieran a la laguna, pero los incrementos significativos en la superficie irrigada en el Campo de Cartagena, está cambiando en los últimos años el régimen hídrico de alguno de estos

cursos, como la mencionada Rambla del Albuñón, que actualmente mantiene caudales regulares (Martínez *et al*, 2003) descargando agua, sedimento y nutrientes a la laguna.

La unidad hidrogeológica del Campo de Cartagena está constituida por diferentes acuíferos, sobre un sustrato metamórfico, formados por el depósito de un relleno de más de 1.000 metros de espesor, de materiales neógenos y cuaternarios. Entre estos acuíferos, destacan los pertenecientes al Triásico, al Andaluciense, al Plioceno y al Cuaternario, constituidos por dolomías, calizas bioclásticas, areniscas y materiales detríticos, respectivamente separados entre sí por tramos margosos. Hasta el trasvase Tajo- Segura, la cuenca estaba sobreexplotada, con lo que incidió favorablemente en la problemática al posibilitar un doble efecto: descenso del volumen extraído de agua subterránea e infiltración de excedentes de riego. (Senent Alonso, 2003).

1.2.2.3 Características hidrológicas e hidrodinámicas

Debido a sus características geográficas, el Mar Menor está bastante aislado del Mar Mediterráneo, de manera que este sistema confinado tiene un balance hídrico de 600 mm/m² año, donde las precipitaciones, inferiores a 300mm anuales, y los aportes de cursos de aguas son menores que la evapotranspiración potencial, cuyo valor está en torno a los 900 mm anuales, con lo que el balance hídrico es compensado por la entrada de agua del mar abierto. (Pérez- Ruzafa, 2005).

Al ser un sistema abierto, el intercambio de materia y energía con el mar se hace a través de las ya citadas golas, que también determinan la circulación interna de la laguna. El ensanchamiento del canal del Estacio, modificó todos los intercambios, dado que por él pasan 1,6 H³m/día, de los 580 H³m que tiene toda la laguna. (Martínez *et al*, 2003). Aunque este valor sea grande, la comunicación con el mar abierto es reducida que, junto con la escasa profundidad, determina unas condiciones muy extremas provocando gradientes fisicoquímicos y biológicos muy pronunciados. (Pérez-Ruzafa y Marcos- Diego, 2003).

La salinidad de las aguas del Mar Menor se distribuye de mayor a menor de norte a sur, estando la salinidad media actual entre 42 y 46 PSU. Los máximos fueron rebajados tras la ampliación del Estacio (Martínez *et al*, 2003).

Sus características geomorfológicas, hídricas y climáticas hacen de la laguna una cuenca de concentración (Pérez- Ruzafa, 2005) a la que llegan gran cantidad de nutrientes, sobretodo en los últimos años.

1.2.2.4 Sedimentos

Los fondos de la laguna son elementos del medio físico muy importante, pues sustentan al bentos, reciben todo el detritus (en él se produce la remineralización de nutrientes, descomposición y acumulación de materia orgánica). Teniendo en cuenta que la naturaleza de la laguna es totalmente sedimentaria con tendencia a la concentración de sedimentos y a la colmatación; la configuración y composición de los fondos es un aspecto de gran importancia a considerar. Los fondos fangosos cubren toda el área central de la cubeta y las zonas someras, donde el hidrodinamismo es bajo y están cubierto por un denso césped del alga *Caulerpa prolifera* que se expandió por la laguna después de la ampliación de El Estacio desde finales de 1980. Los fondos arenosos, con un contenido de arenas de hasta el 89%, están localizados en los márgenes de la cuenca y en las bahías que rodean las islas, mostrando pequeñas manchas de la fanerógama *Cymodocea nodosa* (Ballester *et al*, 2003), que antes del ensanchamiento del Estacio, dominaba la producción primaria (Pérez Ruzafa *et al*, 2002).

El contenido de materia orgánica de los sedimentos es muy variable, oscilando desde menos de 0,34% en arcillas rojas compactadas hasta más de 8,6% en las áreas de *Caulerpa prolifera*. Estacionalmente, desde el otoño al invierno, se observa un incremento del contenido de materia orgánica en los sedimentos, tanto en fondos fangosos como en arenosos. Este incremento se explica por la contribución de las frondas del alga *Caulerpa prolifera* y de la fanerógama *Cymodocea nodosa*, respectivamente. La cobertura de macrófitos tiene una influencia decisiva en la naturaleza del sedimento. En el Mar Menor la producción macrófita ha sido estimada en 165,5 g C/m² por año. Esto significa una entrada, a los fondos de la laguna, en forma detrítica, de, al menos, 20.120 Tm C/año (Ballester *et al*, 2003). *Acetabularia calyculus* cubre conchas y guijarros, y en las zonas más resguardadas del oleaje se desarrolla la fanerógama *Ruppia cirrosa*. (Pérez Ruzafa, Marcos Diego, 2003)

1.2.2.5 Valores biológicos

La laguna costera del Mar Menor contribuye considerablemente a la biodiversidad global además de estar entre los ecosistemas más productivos. (Van Der Bergh *et al*, 2005). Gracias a la heterogeneidad de los fondos del Mar Menor, se encuentra ligada a los mismos, una amplia comunidad bentónica configurando un paisaje variado, lo que le hace diferente con respecto a otras lagunas costeras. La zonación vertical es más o menos marcada, pero a ella se le superpone una horizontal determinada por la colonización de especies del Mediterráneo, la mayoría sólo aparece en las proximidades de las golas y desaparecen a medida que se penetra al interior. A medida que nos alejamos del mar abierto disminuye el número de especies y aumenta el número de individuos. Este gradiente fue explicado por Guergolet y Perthuisot (1983) y Guergolet *et al* (1983) en su teoría del confinamiento por la progresiva escasez de recursos provenientes de origen marino. Pérez Ruzafa y Marcos (1993) sustituyeron dicha explicación por una disminución progresiva en la eficiencia ecológica y tasas de colonización de las especies no lagunares.

Hasta el momento se han inventariado 89 especies vegetales, y 459 animales (Pérez- Ruzafa, 1989). Al menos 12 especies de peces son visitantes ocasionales de la laguna y unas 13 la han colonizados tras el ensanchamiento de la gola del Estacio. Las comunidades habituales de la laguna son la base de la actividad pesquera del Mar Menor. En comparación con otras lagunas costeras, la comunidad de peces del Mar Menor se caracteriza por una mayor riqueza de especies, con una presencia relevante de las especies amenazadas como el caballito de mar, *Hipocampo guttulatus* y el fartet *Aphanius iberus*, incluidos en el anexo II de la Directiva Hábitat (Mas, 1996).

Con respecto a la comunidad de aves acuáticas también muy heterogénea, es reseñable la variación espacio temporal de su abundancia, particularmente dramática entre estaciones; pero no necesariamente paralela a cambios de otras especies de la laguna. Hay una caída general de diversidad y abundancia de invierno a verano, dado que recibe a las aves desde el norte en invierno, pudiendo llegar a ser refugio clave para alguna de ellas. Estas comunidades invernantes parecen responder a grandes niveles de productividad con respuestas individuales como indicadores de gradientes internos. Aquellas que habitan la parte norte son más dependientes de la influencia del Mar

Mediterráneo que del incremento de productividad de origen terrestre. (Farinós y Robledano, 2010). Su valor ornitológico aumenta considerablemente cuando todo el sistema de alrededor se tiene en cuenta: las salinas industriales, zonas pantanosas naturales y hábitats acuáticos menores son importantes áreas de alimentación, reproducción, y descanso para los flamencos, garzas, limícolas, gaviotas y charranes. (Robledano y Esteve, 1992; Robledano 1998; Ballesteros y Casado, 2000).

1.2.2.6 Figuras de protección

Dadas las características ecológicas del Mar Menor, queda protegido, sobretodo a raíz de políticas comunitarias en materia de conservación de la biodiversidad bajo varias figuras de protección.

En primer lugar y a mayor escala, en 1994 el Mar Menor y sus humedales asociados fueron declarados Humedal de Importancia por el Convenio Ramsar debido a su contingente de aves acuáticas y limícolas. (Robledano, 1998).

A nivel comunitario y partiendo de las bases y premisas establecidas por la Directiva 92/43 CEE relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y la Flora Silvestre, con el objetivo de constituir la Red Natura 2000, el Mar Menor, las Salinas de San Pedro del Pinatar, y los Espacios Abierto e Islas del Mar Menor, han sido designadas como Lugar de Interés Comunitario (LIC). Determinados tipos de hábitat o especies en la laguna y humedales asociados quedan recogidos, como hábitats de importancia o especies que necesitan la protección de sus hábitats respectivamente, en los anexos de esta directiva, como los lechos de *Ruppia cirrosa* las dunas móviles, bosquetes de *Tetraclinis articulata* o el ciprionodóntido *Aphanius iberus* (fartet). (Martínez *et al*, 2003).

Por otra parte, según la Directiva 79/409 CEE relativa a la protección de las aves, el Mar Menor (incluyendo también sus criptohumedales asociados) y las Salinas de San Pedro del Pinatar han sido declaradas Zona de Especial Interés para las Aves (ZEPA). Además, todas estas zonas se incluyen en el espacio designado como Zona Especialmente Protegida de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM) “Área del Mar Menor y zona Oriental mediterránea de la costa de la Región de Murcia”, de acuerdo

con el convenio de Barcelona para la Protección del Medio Ambiente Marino y las Zonas de Costa en el Mar Mediterráneo.

A nivel regional, según la Ley 4/92 de Ordenación y Protección del Territorio en la Región de Murcia se ha designado a los Espacios Abiertos e Islas del Mar Menor como Paisaje Protegido, y a las Salinas de San Pedro del Pintar como Parque Regional. Por último la ley 7/95 de Fauna Silvestre, incluyendo al Mar Menor y sus humedales asociados (salinas y criptohumedales) dentro de esta red.

1.2.2.7 Valores culturales y etnográficos

El Mar Menor acoge todo tipo de actividades dadas sus características; desde explotaciones salineras, caza, pesca; la agricultura en su cuenca o la minería. Así como un uso terapéutico de sus lodos y fangos.

Incluso antes de conseguir su configuración actual, el Mar Menor ya presentaba asentamientos humanos, como es el caso del asentamiento eneolítico de las amoladeras en La Manga. A partir de ahí, todas las civilizaciones que pasaron por Cartagena hicieron uso de la laguna (fenicios, romanos, cartagineses, árabes y cristianas), para hacer de ella el área de asentamiento urbano e industrial, portuario, paisajístico o agrícola. (Pérez-Ruzafa y Marcos Diego, 2003). No fue hasta el siglo XVI cuando se intensificaron los procesos de colmatación debido a la combinación de pastoreo, roturación de las riberas y vertido de los lavados de la actividad minera. Esta actividad eleva el contenido en metales pesados en los sedimentos; aumentado por el crecimiento de su actividad hasta el siglo XX.

La pesca tradicional de peces y crustáceos, realizada mediante artes tradicionales entre las que destacan las encañizadas, de origen árabe; las cuales están instaladas en los canales de comunicación entre la laguna y el Mar Mediterráneo y dan lugar a unas marismas pseudomareales. Creando, de esta manera, comunidades de gran diversidad y densidad, tanto referido a los peces, como a la avifauna asociada a ellos. (Martínez Baños, 2003).

1.2.2.8 *Uso turístico del Mar Menor*

El pasado ciclo de bonanza económica de la Región, provocó una desmesurada proliferación de urbanizaciones turístico-residenciales de calidad media- baja con un acusado deterioro ambiental debido a la gran construcciones de segundas residencias. La oferta turística se concentra en La Manga del Mar Menor, lo que se refleja en la consiguiente presión ambiental. (García Sánchez y García Garay, 2003).



Imagen 1, situación típica estival en la laguna. Foto. Marina Zapara

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las aves acuáticas son el componente más visible de la biodiversidad del Mar Menor. Al igual que el resto de biota de la laguna, está influida por una serie de presiones de su entorno de las que resaltan unos determinados impactos. Identificando esas presiones, los impactos y las características de la avifauna, podríamos conocer cómo varía el estado de la comunidad aviar tras los impactos debidos a las presiones ejercidas sobre su entorno.

1.3.1 FACTORES DE PRESIÓN

1.3.1.1 Contaminación minera

La Sierra de Cartagena, junto con Mazarrón, constituyen las principales explotaciones de plomo de la Región durante los siglos XIX y XX, centrándose su mayor explotación en torno a 1840. Las menas de plomo solían ir asociadas a plata, cobre, estaño, hierro y manganeso.

La explotación minera comienza en la época de los romanos, aunque no fue hasta el siglo XIX cuando comenzó a ser intensiva, convirtiéndose incluso en el centro fundidor de la Península. Fue la empresa Peñarroya, quien eliminó la estructura minidifundista que dominaba la explotación para posibilitar nuevas formas de extracción. El elevado volumen de mineral obtenido llevará al problema de deshacerse de los estériles. Se dejó de realizar vertidos al Mar Menor, para hacerlo en Portmán, anegando su bahía. (Pérez de Perceval, 2003)

Debido a las altas cantidades de desechos en las ramblas que desembocan en el Mar Menor, las inundaciones ocasionales pueden propagar los residuos mineros a las tierras de cultivo y a las costas de la laguna. Esto explica que las mayores concentraciones de metales se encuentren en su parte sur, coincidente con la desembocadura de las ramblas que drenan la sierra minera. (Conesa y Jiménez-Cárceles, 2007)

El trabajo de Marín- Guirao *et al*, de 2005 muestra la biodisponibilidad del cadmio, el zinc y el plomo vertidos por las actividades mineras a la cubeta sur del Mar Menor a través de las Rambla del Beal y Ponce mediante el estudio de *Cymodocea nodosa*. Este macrófito acumula los metales pesados, que son los que se presentan en mayores concentraciones. Concluyeron que los metales afectan al crecimiento de las comunidades bentónicas y que en el biofilm de *C. nodosa*, existe una alta biodisponibilidad de los metales.

1.3.1.2 Agricultura

Los recientes cambios en la agricultura de las proximidades del Mar Menor de secano a regadío han producido un aumento en los nutrientes y materia particulada que llegan hasta la laguna a través de las ramblas del Mar Menor. Con lo que se ha visto mayor densidad fitoplanctónica y menor transparencia a lo largo de la columna de agua. Un resultado ambiental de esos cambios es la sustitución del macrófito que tradicionalmente estaba *Cymodocea nodosa*, por el macroalga *Caulerpa prolifera*, que afecta a su vez, a la comunidad bentónica, a la pesca y al turismo. (Lloret *et al*, 2005).

La Rambla del Albujón está formada por un canal efímero abandonado que recoge agua de drenaje de los campos colindantes, lo que ha provocado que su contenido de agua ya no sea intermitente, y ocasionalmente aguas residuales y de plantas desalinizadoras de manera discontinua y de menor magnitud. Es la principal fuente de nutrientes y de material en suspensión del Mar Menor, sobretodo en otoño durante la estación lluviosa. Exporta alrededor del 80% de la carga de nitrógeno y del 70% de la de fósforo. La cantidad de sólidos en suspensión y las concentraciones de nutrientes en la laguna sigue un patrón espacial, disminuyendo con la distancia de su desembocadura. Velasco *et al*, en 2004, muestran que la concentración en el agua de nitratos y fosfatos en el Mar Menor eran inferiores a los límites de referencia para las condiciones de eutrofización durante su período de estudio, excepto después de las fuertes lluvias otoñales; con lo que las concentraciones de nutrientes se correlacionaron positivamente con las variables de precipitación; pero también se relacionan con otros factores como la forma química, el método de aplicación de nutrientes, la cubierta vegetal o la textura del suelo. Estos compuestos acumulados en las tierras agrícolas se exportan a las aguas superficiales y subterráneas por la erosión y lixiviación. El exceso de nutrientes de las tierras agrícolas, como causa subyacente de la contaminación difusa, fue la principal causa de las entradas de N y P en el Mar Menor. La entrada continua de nutrientes de la agricultura se hace a través de un sistema de flujo subsuperficial saturada. Durante las últimas décadas se he detectado una tendencia creciente en el aporte de nutrientes procedentes de fuentes difusas al Mar Menor. (Robledano *et al*, 2010). Por todo esto, el Campo de Cartagena fue declarada zona vulnerable en relación con los nitratos en 2002 por la Directiva 91/676/CEE (Velasco *et al*, 2006).

El drenaje agrícola ha aumentado en tres humedales del Mar Menor: Lo Poyo, la Marina del Carmolí y la playa de La hita, apoyado por la estrecha relación entre la superficie de tierras de regadío en la escala de la cuenca y la zona de marismas y carrizales a lo largo del período de estudio de Carreño *et al* en 2008. Este aumento de tierras de regadío ha favorecido hábitat con menor importancia para su preservación, según la Directiva Hábitat, como la marisma y el cañaveral, mientras que disminuye la estepa salina.



Imagen 2, agricultura en los alrededores del Mar Menor. Foto: Marina Zapata.

Presión urbanística

Muchos han sido los cambios producidos por la urbanización masiva que ha sufrido el Mar Menor. Durante la década de 1970, la temperatura del agua de la laguna variaba según las diferentes estaciones del año, entre 7,5 ° C en invierno y 29 ° C en verano, su salinidad entre 48,5 g/L y 53,4 g/L, y el agua tenía un tiempo de residencia de 1,28 años (Pérez-Ruzafa *et al*, 1991; Díaz del Río, 1993). Desde 1960, el desarrollo turístico inició la modificación de la orografía de la línea de costa, incluyendo la construcción de puertos deportivos y la ampliación de los canales de comunicación con el Mediterráneo. Lo que ha afectado a las propiedades de la salinidad de la laguna,

causando una Mediterrización de las propiedades del agua de la laguna. Hoy en día, la temperatura oscila entre 10 ° C y 32 ° C, el tiempo de residencia del agua es de 0,79 años y la salinidad varía entre 42 y 47 g/L (Pérez-Ruzafa *et al.*, 1991, 2002). Mientras que la salinidad del Mediterráneo está alrededor de 37 g/L.

El crecimiento de la población local en el Mar Menor ha invadido áreas donde se perturba directamente a la fauna, lo que ha causado un importante impacto en el antiguo paisaje de la zona, donde las aves silvestres solían anidar. De acuerdo con Martínez *et al* en 2005a, durante el período comprendido entre 1970 y 1998 en algunos lugares de la laguna, el aumento de la población fue superior al 65%, mayor que en el resto de la Región de Murcia (34%). En 2003, la población permanente en la zona del Mar Menor era de más de 60.000 habitantes. Sin embargo, en verano, esta población puede superar los 700.000 habitantes. En 2002, Pérez-Ruzafa *et al* compararon los datos de las concentraciones de fosfato en el agua de la laguna en 1988 y 1997, reflejando una disminución en sus ingresos debido a la instalación de plantas de tratamientos de aguas residuales. Sin embargo, los sistemas de tratamientos de agua en zonas urbanas tienen deficiencias importantes en algunos lugares próximos, y, en consecuencia, un poco del flujo de las aguas residuales, ricas en nutrientes como el amonio y fosfatos, entra en la laguna coincidiendo con la temporada alta de turismo en el verano. Esta masificación urbana ha provocado, además de una destrucción directa del hábitat, mediante el cambio del uso del suelo; un empobrecimiento de la calidad visual del paisaje; y una importante alteración de los ciclos de escorrentía natural.

Además, el aceite de motor y derrames de gasolina de los barcos son las principales fuentes de hidrocarburos en la laguna (Martínez *et al*, 2005b).



Imagen 3, vista de los numerosos edificios de La Manga. Foto: Marina Zapata.

Amplificación de las perturbaciones naturales

Aunque se parte de la premisa de que los factores climáticos típicos mediterráneos provocan alteraciones en la laguna, como las lluvias torrenciales en sus escasas precipitaciones que fluyen por las ramblas; no deben considerarse como factores de presión, ya que son características del clima. Históricamente han existido estos periodos de lluvias torrenciales por la llegada de potentes borrascas tras el verano, es lo que se ha conocido tradicionalmente como “gota fría”. Estos episodios han constituido un elemento típico del clima mediterráneo, contribuyendo a moldear sus paisajes litorales mediante las ramblas, cauces de agua efímeros y temporales típicos de este clima que van recogiendo la escorrentía generada y adquiriendo una dinámica tipo “avenida” en algunos casos. Los efectos de estos procesos y agentes naturales se ven magnificados debido a la acción de las actividades humanas, causando mayores estragos. Durante estos periodos de lluvias torrenciales, las aguas van arrastrando los materiales con escasa cohesión que encuentran a su paso hasta llevarlos a la laguna, para cumplir su función de cuenca de concentración; manteniendo la tendencia natural de sedimentación y colmatación. Pero dada la intervención del hombre, esas deposiciones están alteradas: conteniendo altas concentraciones de nutrientes derivados del exceso de fertilización agrícola o con residuos de minería y agricultura.

Otro proceso natural que, por acción del ser humano, puede afectar al Mar Menor es el cambio climático, dado que las variaciones climáticas de las zonas costeras pueden agravarse por el cambio climático global (Greenpeace, 2007). Ya se han evaluado de manera preliminar los efectos, y es en la Manga donde estos podrían ser más acusados.

1.3.2 IMPACTOS DERIVADOS

1.3.2.1 Cambios en la concentración de nutrientes. Eutrofización

Como consecuencia del aumento de tierras de regadío en la cuenca del Mar Menor, cambió la dinámica hidrológica en ella y así, su carga de nutrientes entregados. Cada vez es más conocido que las aguas de la laguna del Mar Menor están pasando de su estado inicial de oligotrofia a un estado de eutrofia. Rönkä *et al.* (2005) han demostrado, que a largo plazo, la eutrofización puede obstaculizar a las aves por afectar negativamente a las redes tróficas y a la alimentación de su hábitat. Pero la eutrofización que está sufriendo la laguna, afecta a toda la cadena trófica, ya que provocan el aumento de fitoplancton o en los macrófitos, de manera que hay un aumento general de la producción primaria.

Los efectos de la eutrofización no sólo se aprecian en la comunidad biológica, sino que también puede afectar en la transparencia del agua, en el oxígeno disuelto, pudiendo alcanzarse las condiciones de anoxia.

Los lugares en los que mejor se aprecian estos efectos son los puntos de descarga, como la playa de la Hita o los carrizales de la desembocadura de la Rambla del Albujón, en la que se han observado los valores de clorofila a, sedimentos en suspensión, nitrógeno inorgánico disuelto y fósforo soluble reactivo, y siguen un gradiente descendiente a medida que aumenta la distancia con la misma (Lloret *et al.*, 2005).

Este proceso de eutrofización provoca cambios en toda la red trófica y en el resto de hábitats circundantes.

1.3.2.2 Cambios en la composición de especies y aprovechamiento de recursos.

Alteración de redes tróficas

La concentración de nitratos en el agua se incrementó en gran magnitud con respecto a los valores típicos que se detectaron hace diez años (Pérez Ruzafa y Marcos-Diego, 2004). Este cambio influye en todos los organismos de la laguna, aunque en mayor medida, allí donde los cursos principales desembocan o donde la contaminación difusa es mayor. Esta zona está al oeste de la laguna, coincidiendo con la Rambla del Albuñón y la mayoría de los cultivos intensivos.

En el primer escalón de la cadena trófica, se evidenció un crecimiento de las células del fitoplancton más grandes y los cambios en la estructura trófica, con alta densidad de diatomeas más grandes tales como *Coscinodiscus spp.* y *Asterionella spp.* (Pérez Ruzafa *et al.*, 2002). A mediados de 1980, después de la ampliación del Estacio, dos especies de medusas alóctonas (*Rhizostoma pulmo* y la *Cotylorhiza tuberculata*) se observaron en la laguna. Debido a las condiciones de temperatura y salinidad, estas especies cierran su ciclo biológico dentro de la laguna (Pérez Ruzafa y Aragón, 2003).

Una década más tarde, en respuesta, una vez más, a la afluencia de nutrientes y debido a la eutrofización, aumentó su número en la laguna (Pérez Ruzafa y Marcos, 2004). Aunque también la sobrepesca de sus depredadores o por el calentamiento global (Arai, 2001; Mills, 2001), podría ser otra causa, pero en el Mar Menor la carga de nutrientes y procesos inherentes a la eutrofización parecen ser la causa más probable de su desarrollo con éxito. Las poblaciones de medusas son el principal agente de control top-down de la cadena trófica en la laguna, en relación a los procesos de eutrofización. (Pérez Ruzafa *et al.*, 2002).

El control sobre la cadena alimentaria se lleva a cabo tanto a través de la utilización directa de alimentos por la zooxantela endosimbiótica de *C. tuberculata*, como por depredación directa sobre el plancton (Pérez Ruzafa y Aragón, 2003). Entre la cantidad de medusas y la carga de nitrógeno hay una correlación significativa, pero no es así con los peces de la laguna. (Robledano *et al.*, 2010). De manera paralela, al

aumentar la cantidad de medusas en la laguna, disminuye la de aves acuáticas, según explican Martínez *et al*, en 2005a.

Como ya he mencionado antes, un cambio debido a la práctica agrícola es la aparición del alga *Caulerpa prolifera*, que aporta grandes cantidades de materia orgánica al sedimento produciendo incluso condiciones de anoxia, con lo que limita el desarrollo de otras especies vegetales y de animales, como es el caso de la disminución del mújol (Pérez-Ruzafa y Marcos- Diego, 2003; Lloret *et al*, 2005; Robledano *et al*, en prensa). En contraposición, este alga tiene la capacidad de fijar nutrientes en condiciones de turbidez, lo que contribuye al mantenimiento del estado trófico.

De esta manera quedan patentes los cambios que desencadenan las actividades humanas con una gestión ineficaz en el resto de la cadena trófica

1.3.2.3 *Perturbación de hábitats*

Con todos los impactos detallados hasta ahora producidos por la expansión urbanística buscando una rentabilidad a corto plazo y la eutrofización por el uso agrícola actual, el Mar Menor ha cambiado de manera irreversible. Desde la desaparición de las dunas que cubrían la Manga, hasta la pérdida de la identidad cultural propia que distinguía al Mar Menor, se pueden apreciar todo tipo de variaciones en este espacio que debe ser considerado como una fuente de riqueza biológica y un símbolo de protección de primer orden, en lugar de un sitio de recreo que explotar ininterrumpidamente, cuya atención sólo es merecida para disfrutar de las vacaciones o beneficiarse económicamente de ellas. Los criptohumedales se ven perjudicados en virtud de los carrizales, que se expanden a expensas de comunidades halófilas y xerófilas dada la agricultura intensiva que se realiza.



Imagen 4, cambios en la vegetación de la Lengua de la Vaca. Foto: Marina Zapata.

Los cambios producidos por la proliferación de diques o los puertos deportivos, provocan tales cambios en la dinámica de la algama, como su configuración a gran escala, ya sea en su temperatura media o sus condiciones de salinidad.

Otro cambio irreversible a nivel de hábitats es la reducción de las estepas salinas y saladares en pos del aumento de manchas homogéneas de carrizo (*Phragmites australis*) y/o caña (*Arundo donax*), de menor valor ecológico y favorecidos por el incremento de nutrientes en el ciclo hidrológico de la laguna y sus humedales asociados.

1.3.3 AVES ACUÁTICAS COMO BIOINDICADORES

Una vez que se han detallados los elementos de presión que actúan sobre la estabilidad y el equilibrio de la laguna y sus comunidades, y las externalidades negativas que de ellos derivan, el uso de organismos bioindicadores se erige como una

herramienta útil para evaluar los efectos de estos factores sobre el sistema. Las aves acuáticas responden a las condiciones naturales que caracterizan este sistema (salinidad, pH, estatus trófico, etc.); por otro lado, las aves acuáticas también responden a la acción de factores externos, como la presión urbanística, cinegética, etc.

El uso de las aves acuáticas como bioindicadores, se basa en su elevada posición trófica, siendo afectadas por múltiples factores y respondiendo de manera integrada a los mismos. Además, las aves acuáticas son uno de los grupos faunísticos cuya ecología ha sido más ampliamente e intensamente estudiada (Peakall & Boyd, 1987). A este respecto, el trabajo altruista de la ciencia del ciudadano ha contribuido de manera significativa a este conocimiento.

Este uso ha sido cuestionado por la falta de respuestas directas medibles frente a los distintos procesos y factores de perturbación o cambio ambiental (Green & Figuerola, 2003). Por otro lado, el seguimiento de las poblaciones de aves acuáticas, por lo menos a escala de sistema o conjunto regional de humedales (Adamus, 1996), proporciona una buena señal, en incluso una alerta temprana, sobre la salud ambiental del sistema, en especial en relación con los cambios en el estatus trófico de las aguas, (Martínez *et al*, 2005a).

Evaluar la relación de las aves acuáticas con el aumento de nutrientes llegados a la laguna es importante en la monitorización de la calidad ecológica del sistema. A este respecto, se discute el valor de las aves como indicadores de alerta temprana, como indicadores de la eutrofización ya en proceso o como indicadores de desempeño de la gestión. Las tendencias poblacionales de las aves acuáticas cambian con el tiempo (variación interanual y estacional) y a distintas escalas espaciales (tendencias poblacionales a escala continental, a escala nacional o a escala local). Esta variabilidad numérica inherente ha de ser tomada en cuenta a la hora de interpretar las relaciones de las aves con las condiciones ambientales para no llegar a conclusiones erróneas sobre respuestas específicas a procesos concretos. (Green & Figuerola, 2003; Amat y Green, 2010).

Otro detalle a resaltar es que las aves también pueden producir cambios en su entorno, ya sea sobre las especies que constituyen su fuente de alimento, por ejemplo, la

presión depredadora sobre la ictiofauna local, o los que lo modifican físicamente, como es el caso del Flamenco común, que dada su morfología y su manera de alimentarse, enturbia el agua por el que pasa y aumenta la compactación del suelo que pisa (Montes y Bernúes, 1989).

Los humedales del Mediterráneo reúnen varias características que los hacen particularmente adecuados para comprobar la respuesta de las aves acuáticas a las presiones ambientales, debido a la concentración de las actividades humanas y de la masificación urbanística a lo largo de sus costas (De Stefano, 2004; Viaroli *et al.* , 2005). Además de que estos humedales asociados a la Cuenca Mediterránea, junto con ella misma, son sitio de invernada o cría de muchas especies del norte de África o Europa, así como de paso migratorio, lo que genera comunidades de cierto valor en esos humedales perturbados en muchos casos.

Las investigaciones realizadas hasta la fecha sobre la comunidad de aves acuáticas de la laguna del Mar Menor (SE España) muestra la respuesta a largo plazo de las poblaciones y los gremios, ante las variables de proximidad relacionados con la eutrofización y otros aparentes cambios biológicos (proliferaciones de medusas y los cambios en las poblaciones de peces), cuyas causas últimas son la intensificación de la agricultura y la urbanización (Pérez-Ruzafa *et al.*, 2002;. Martínez *et al.*, 2005b). Apoyando el uso de las aves acuáticas como bioindicadores del estado de esta laguna salada, se encuentran los trabajos de Farinós y Robledano, en 2010, determinando la distribución de aves acuáticas en la cubeta en función de sus gradientes internos, estructura física y actividades humanas y el trabajo de Robledano *et al.*, de 2010, en el que se estudió la influencia potencial de los factores externos en la comunidad invernante, para obtener especies indicadoras que sirvan como alerta temprana a los cambios producidos por las presiones externas. Otros trabajos relacionan las variaciones en la comunidad de aves esteparias en función del descenso de la superficie de estepas naturales por los cambios directos de la agricultura (Robledano *et al.*, 2009).

1.4. OBJETIVOS

1.3.4 GENERAL

Este proyecto se integra en una línea de trabajo más amplia, que estudia la aplicación de las aves acuáticas como bioindicadores para el seguimiento y evaluación de la calidad ecológica de los humedales. Partiendo de estudios previos que han evaluado la respuesta general de algunas especies frente a los principales cambios ambientales experimentados por el Mar Menor (a escala de décadas), y de estudios más específicos que han abordado la respuesta espacial o temporal de cierta especie o gremios a gradientes ambientales internos (ambos tipos de estudios enfocados a especies de aves que explotan la masa de agua), en este trabajo se plantea un análisis preliminar de los cambios espaciales y temporales de la comunidad de aves asociada a los hábitats de ribera, intentando detectar aquellas especies indicadoras de fases temporales concretas o de sectores espaciales caracterizados por su similitud interna. De esta forma, en cada uno de estos ámbitos se habrá completado la caracterización y valoración de las comunidades de aves acuáticas, lo que permitirá en el futuro avanzar en la búsqueda de respuestas específicas (a nivel de comunidad, gremio o población) a los agentes y procesos concretos de cambio ambiental, y poder generar modelos de predicción. Así, como objetivo último, se espera poder integrar este conocimiento como herramienta en la monitorización y seguimiento de la calidad ecológica del humedal y su avifauna asociada.

1.3.5 ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del Proyecto son:

- Describir y valorar la comunidad estival e invernante de aves de ribera en el Mar Menor a través de su composición y del cálculo de índices ecológicos y de conservación (abundancia, diversidad, riqueza, valor de conservación, etc.).
- Analizar las variaciones espaciales y temporales de dichos índices.

- Ordenar los sectores y periodos estudiados buscando agrupaciones espaciales y temporales basadas en la similaridad de sus comunidades de aves acuáticas, tanto en términos de composición como de valor de conservación.
- Identificar especies indicadoras de esas agrupaciones.
- Discutir los factores ambientales responsables de la ordenación establecida y sus implicaciones para conservación de la biodiversidad de aves acuáticas

2. METODOLOGÍA

2.1. TRABAJO DE CAMPO

2.1.1 SELECCIÓN DE LOS SECTORES DE MUESTREO

Para realizar un censo durante varios años, es importante escoger aquellos sectores de muestreo en los que haya suficientes diferencias en la comunidad como para reflejar los cambios temporales en respuesta a los impactos que soportan dependiendo de la época del año; así como la influencia que tiene sobre ellos el entorno terrestre, ya sea por la presión urbanística o por la agricultura intensiva. Serán diferentes aquellos sectores íntimamente ligados al mar abierto o prácticamente sin perturbar. Por eso, se han elegido un total de 15 sectores, distribuidos a lo largo de todo el litoral del Mar Menor para reflejar una muestra representativa de la ribera, que se detallarán más adelante.

Se requiere una configuración de cada sector que garantice cubrir un área representativa y similar entre ellos, tanto en la orilla, como en la masa de agua más profunda. La longitud de orilla constaba aproximadamente de 500 metros de longitud, a partir de los cuales se establecieron cuatro bandas paralelas, cuyo límite externo se sitúa en 100, 250, 500 y 1000 metros de la orilla. Los bordes externos de las bandas fueron gradualmente más regulares hasta cerrar un polígono aproximadamente rectangular, cubriendo una superficie de unas 50 ha. Esto permitió establecer unas 60 celdas o unidades de censo (4 bandas en 15 estaciones). Las diferencias entre sectores y celdas obedecen a diferencias en la morfología de la orilla y a la necesidad de establecer referencias de tierra para facilitar el reconocimiento de sus límites.

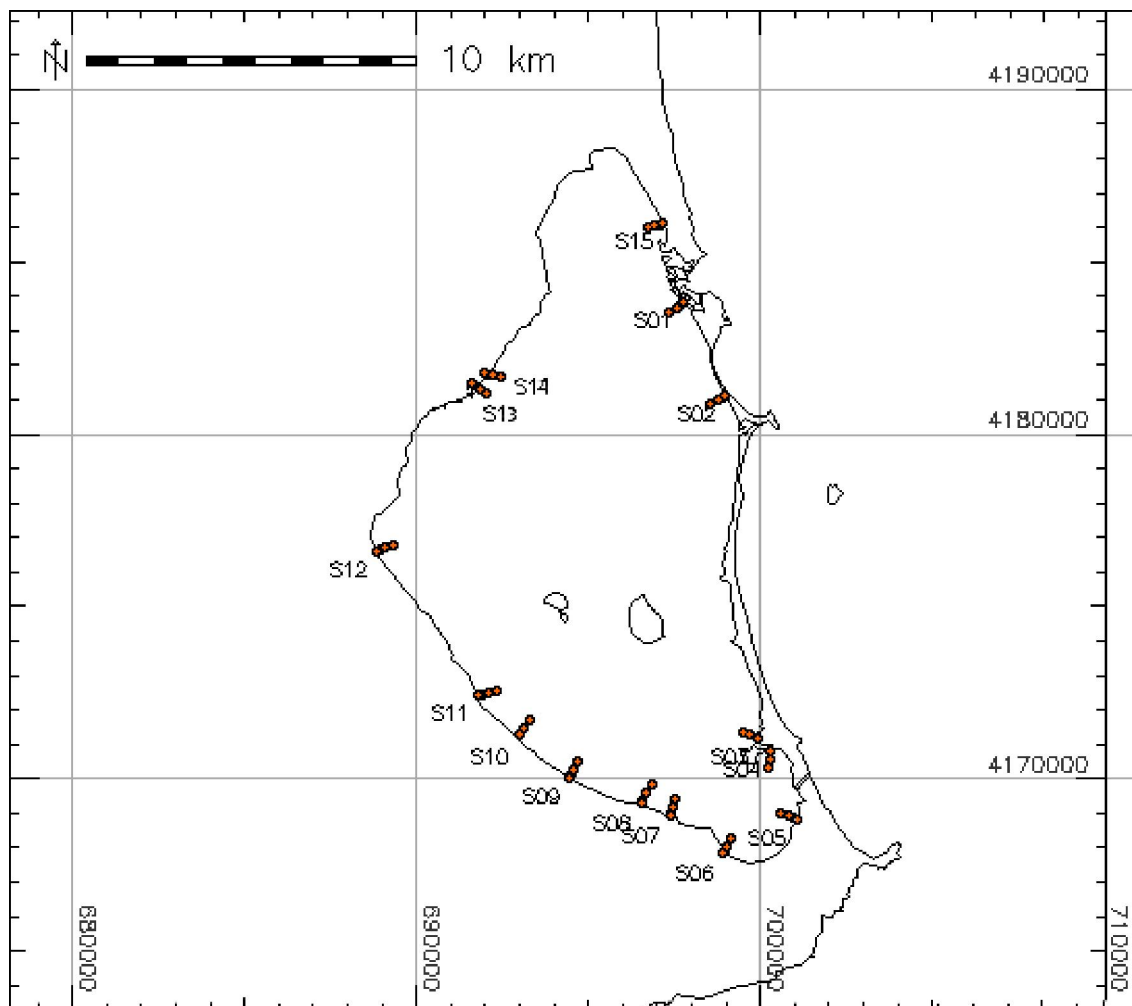


Figura 2. Localización de los puntos de censo.



Imagen 5: Sectores Lengua de la Vaca; Los Nietos e Islas Menores. Foto: Marina Zapata.



Imagen 6: Sector Salinas de San Pedro del Pinatar. Foto: Francisca Carreño.



Imagen 7: Sector Marchamalo. Foto: Marina Zapata.



Imagen 8: Sector desembocadura Rambla del Albuñón. Foto: Marina Zapata.



Imagen 9: Sector Encañizada Vieja. Foto: Francisca Carreño.

Las localizaciones a las que corresponde cada sector son las siguientes:

- **Sector 1: La Encañizada vieja.**

El primer sector está integrado en el término municipal de San Javier. Situado al norte de la Manga, adyacente a la urbanización de Veneziola, es un tramo de costa natural, formada por una orilla arenosa, con matorral halófilo y unos encharcamientos en el interior que forman parte de las golos donde se sitúan las encañizadas. Estos ingenios de pesca tradicional han sido recuperados recientemente en esta zona, permaneciendo abandonados o habiendo desaparecido de las restantes golos (Estacio y Marchamalo).

- **Sector 2: Playa Estacio.**

Sector perteneciente también al municipio de San Javier, situado en la Manga, al norte del puerto deportivo de Tomás Maestre, es una playa de arenas/gravas baja y de naturaleza urbana, con bloques de viviendas adyacentes a unos de sus extremos. El punto de observación se sitúa en el extremo sur del sector.

- **Sector 3: Isla del Ciervo (Tramo Norte).**

Sector perteneciente al municipio de San Javier, integrado en la Manga. Es un tramo de costa semiurbana, de orilla rocosa de elevada pendiente puesto que se sitúa en la ladera oeste del Monte Blanco. Está orientado hacia la cara norte de la Isla del Ciervo y queda limitado, en el agua por las islas Redonda y del Sujeto.

- **Sector 4: Isla del ciervo (Tramo Sur).**

Sector perteneciente al municipio al municipio de Cartagena, integrado en la Manga, situado en el antiguo istmo artificial (hoy eliminado) de la Isla del Ciervo, orientado hacia el sur de la misma (e incluyendo parte de la orilla sureste de la isla) y adyacente al sector anterior. Compuesto por una playa de arena baja, junto a un

puerto deportivo y a la urbanizada ladera sur del Monte Blanco, es un área de condiciones urbanas.

- **Sector 5: Canal de Marchamalo.**

Sector de naturaleza semiurbana, integrado en el municipio de Cartagena, situado en el extremo sur de la Manga, adyacente a las salinas de Marchamalo. Es una playa arenosa baja rodeada de una estepa halófila, en cuyas inmediaciones hay rellenos (antigua ensenada del Vivero) y algunas construcciones de origen antrópico (sobretudo viviendas).

- **Sector 6: Playa Honda.**

Sector integrado en el municipio de Cartagena, junto a la playa de la urbanización de Playa Honda. Playa de orilla arenosa, con granulometría fina, delimitada por una fachada urbana; aunque el área general es un paisaje mixto urbano- agrícola.

- **Sector 7: Islas Menores.**

Sector perteneciente al municipio de Cartagena, se integra en la playa urbana del pueblo Islas Menores, entre el puerto deportivo de dicha localidad y el puerto deportivo de Mar de Cristal. Sus características son totalmente urbanas, es una playa arenosa baja acompañada de un paseo marítimo.

- **Sector 8: Punta Lengua de la Vaca (Desembocadura R^a Carrasquilla).**

Este sector pertenece al municipio de Cartagena, entre el pueblo de Los nietos y el de Islas Menores, es un tramo de costa tipo playa pedregosa (materiales de granulometría gruesa aportados por los cauces que desembocan en la laguna). Presenta todavía condiciones naturales y está rodeada de zonas de actividad agrícola. El punto de observación se sitúa en la desembocadura de la rambla de la Carrasquilla.

- **Sector 9: Los Nietos.**

Sector perteneciente también al municipio de Cartagena, su playa es arenosa de granulometría fina. El punto de observación se sitúa en un paseo marítimo, y a partir del punto de observación en dirección este, domina un paisaje urbano; aunque hacia el oeste, domina el paisaje de saladar con formaciones densas de helofíticos. Está en una transición entre estos dos tipos de ambientes, a la vez que se integra entre otros dos sectores asociados a cauces efímeros (la rambla de la Carrasquilla y la del Albuñón).

- **Sector 10: Saladar de Lo Poyo.**

Sector perteneciente al término municipal de Cartagena, de características completamente naturales, que ocupa una parte de saladar de Lo Poyo, entre Los Urrutias y Los Nietos. Es una costa tipo playa baja, con grandes extensiones de formaciones psammófilas y matorrales halófilos, que reciben influencia de dos ramblas (Del Beal, y Del Ponce) y de los estériles con alto contenido en metales provenientes de antiguas explotaciones de la sierra minera.

- **Sector 11: Los Urrutias.**

El último sector integrado en el municipio de Cartagena ocupa un transecto que va desde el puerto del pueblo de Los Urrutias (al sur de la Marina del Carmolí) hasta la urbanización Estrella del Mar, lindando con el saladar de Lo Poyo. Es un sector de características semiurbana, tipo playa, en el que encontramos desde un puerto y una urbanización, hasta una pequeña extensión de carrizo de altura media.

- **Sector 12: Desembocadura Rambla Albuñón.**

Este sector pertenece al municipio de Los Alcázares, situado en el área integrada desde el sur del pueblo hasta el comienzo de la Marina del Carmolí. Es un tramo de costa baja natural, arenosa, con formaciones de carrizal y saladar en el entorno terrestre, y condiciones eutróficas en las aguas litorales debido a los aportes de nutrientes que llegan por la Rambla del Albuñón.

- **Sector 13: Los Narejos.**

Último sector de la ribera interna perteneciente al municipio de Los Alcázares, prácticamente adyacente al sector 14, está situado en la localidad de Los Narejos, más concretamente entre la playa y el paseo marítimo, pero en la parte norte del pueblo, y es también un sector de características urbanas.

- **Sector 14: Playa de La Hita.**

Sector del municipio de San Javier, situado ligeramente al sur de la playa de la Hita, casi limitando con el pueblo de Los Narejos. Es un sector tipo playa, que presenta condiciones naturales, y está parcialmente invadido por comunidades helofíticas (carrizal); destaca la cercanía de elementos perturbadores y de origen antrópico, como el aeropuerto de San Javier.

- **Sector 15: Salinas de San Pedro del Pinatar.**

El último sector está integrado en el municipio de San Pedro del Pinatar. El punto de observación se sitúa en el Molino de la Calcetera, quedando una gran cubeta salinera en la parte terrestre del sector. Es un área natural y con figura de protección pero en la cual existe una elevada accesibilidad para los peatones, constituyendo un área recreativa y de paseo con una intensidad de uso bastante constante a lo largo del año. No obstante, como ya se ha apuntado, su integración en el entramado de manchas naturales y cuerpos de agua que conforman el parque regional supone un elemento de protección que amortigua esa intensidad de uso.

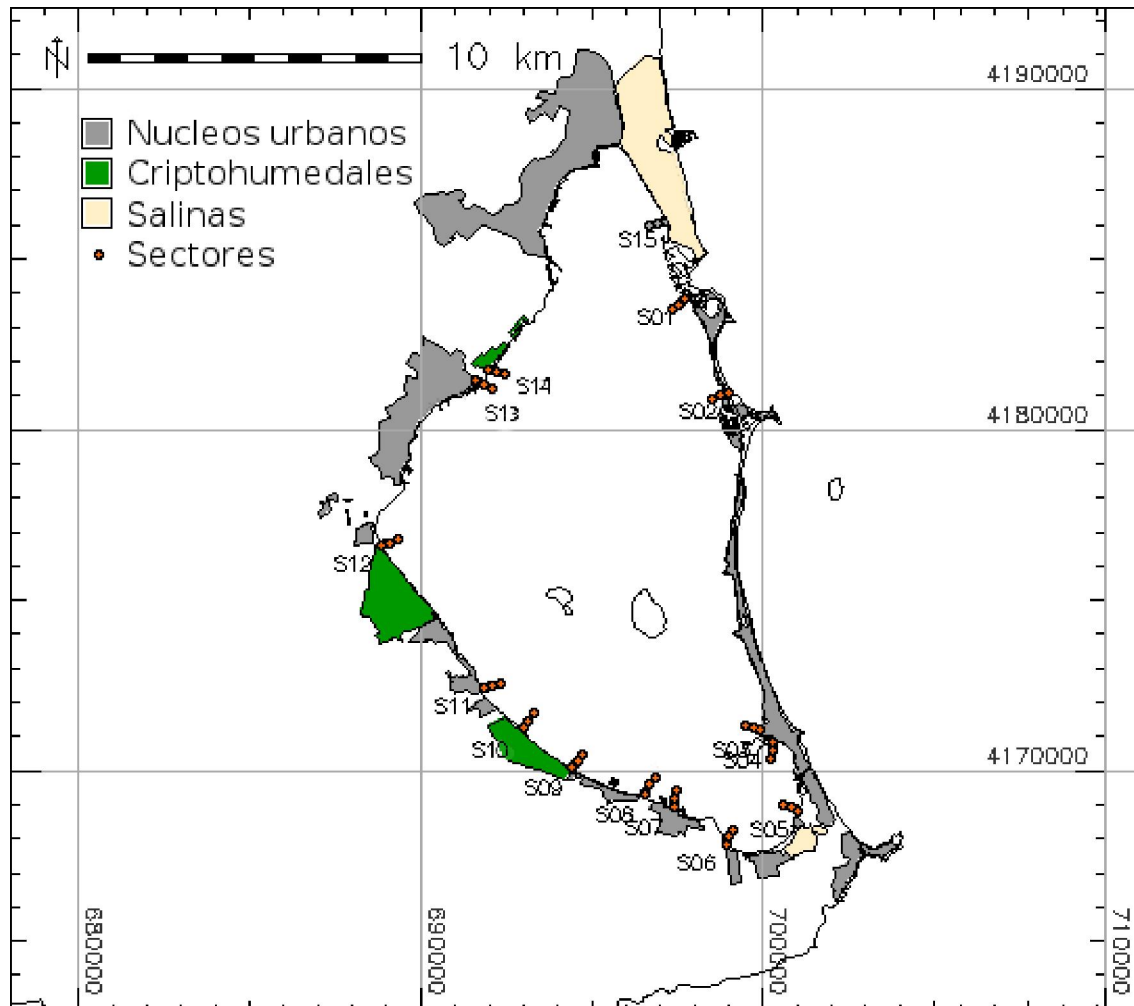


Figura 3. Sectores de muestreo e influencias recibidas.

2.1.2 SELECCIÓN DE ESPECIES

Debido a que el estudio se ha realizado durante tres temporadas invernales y dos estivales, las especies incluidas están presentes en, al menos, alguna de las temporadas. De entre todas las especies se han seleccionado, por un lado, especies que protagonizan una interacción directa y constante con la dinámica de la laguna y las comunidades que habitan la masa de agua, es decir, especies propiamente acuáticas y marinas que obtienen su alimento (todo, o parte de él) explotando la masa de agua y que desarrollan la mayoría de sus hábitos de comportamiento en el interior de la laguna, tales como reposo, locomoción, arreglo del plumaje o cortejo, en algunos casos. Entre estos grupos están los Podicipédidos, Rállidos, Láridos, Estérnidos, el Cormorán grande o Anátidas como la Serreta mediana. Corresponden al morfotipo nadador o buceador; salvo los

láridos (generalistas adaptados a la obtención de alimento sobre la superficie del agua, o incluso en tierra), y los estérnidos (especialistas en zambullirse desde el aire). Por otro lado, se han incluido algunos grupos de aves ribereñas (morfortipo vadeador o, en algunos casos, nadador) que explotan también, en cierta medida, los recursos alimenticios que ofrece la laguna para la avifauna, entre estos grupo estarán las Ardeidas, el Flamenco o Anátidas como el Tarro blanco. Las especies seleccionadas se recogen en la tabla 1, indicando su estatus de protección, reflejando así mismo la importancia que tiene cada una desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad.

ESPECIE	Nombre vulgar	Estatus de protección			
		Directiva aves	Libro Rojo	CNEA	CREA
<i>Fulica atra</i>	Focha común	-	-	-	-
<i>Podiceps cristatus</i>	Somormujo lavanco	-	-	IE	-
<i>Podiceps nigricollis</i>	Zampullín cuellinegro	-	NT	IE	-
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Cormorán grande	-	-	-	-
<i>Mergus serrator</i>	Serreta mediana	-	-	-	-
<i>Tadorna tadorna</i>	Tarro blanco	-	NT	IE	IE
<i>Anas platyrhynchos</i>	Ánade real	-	-	-	-
<i>Sterna sandvicensis</i>	Charrán patinegro	Anexo I	NT	IE	-
<i>Sterna hirundo</i>	Charrán común	Anexo I	NT	IE	
<i>Sterna albifrons</i>	Charrancito común	Anexo I	NT	IE	
<i>Larus cachinnans</i>	Gaviota patiamarilla	-	-	-	-
<i>Larus genei</i>	Gaviota picofina	Anexo I	VU	IE	-
<i>Larus audouinii</i>	Gaviota de audoin	Anexo I	VU	IE	
<i>Larus ridibundus</i>	Gaviota reidora	-	-	-	-
<i>Egretta garzetta</i>	Garceta común	-	-	IE	-
<i>Egretta alba</i>	Garceta grande	Anexo I	-	IE	-
<i>Ardea cinerea</i>	Garza real	-	-	IE	IE
<i>Phoenicopus ruber</i>	Flamenco común	Anexo I	NT	IE	-

Tabla 1. Especies seleccionadas y estatus de protección: Directiva Aves (Anexo I: especies que serán objeto de medidas de protección especial en cuanto a su hábitat); Libro Rojo de las Aves en España, 2002

(VU= vulnerables, NT= casi amenazada); Catálogo Regional de Especies Amenazadas (IE= Interés especial); Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la ley 7/1995 (IE=Interés especial).



Imagen 10. Diversas especies censada. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Garza real, Charrancito, Gaviotas patiamarilla, Zampullín cuellinegro, Flamencos común y Gaviotas picofina. Fotos. Marina Zapata y Francisca Carreño.



Imagen 11: Cormoranes grandes. Foto: Francisca Carreño.

Se han excluido las abundantes especies de limícolas que pueblan las orillas del Mar Menor, puesto que son grupos que dependen, en mayor medida, de los hábitats de transición entre la masa de agua y la masa terrestre. Por lo tanto, cabe esperar que su respuesta a las presiones y cambios que se están dando en la laguna sea mucho más difusa, o dependiente de otros factores, que la respuesta que pueden mostrar los grupos seleccionados, mucho más dependientes de la masa de agua. El valor indicador potencial de los limícolas, quedará restringido a las zonas de orilla, o resultará difícil de interpretar. En cualquier caso, quedan fuera del alcance del presente proyecto.

2.1.3 PLANIFICACIÓN DE LAS TEMPORADAS: CALENDARIO DE CENSOS

Tras determinar el número y la distribución de sectores de muestreo y el conjunto de especies a estudiar, es necesario planificar y distribuir el trabajo de campo a lo largo de las tres temporadas invernales y las dos estivales. Dada la limitación de personal disponible para cubrir un conjunto tan amplio de sectores, se consideró suficiente realizar un censo mensual; de octubre a marzo durante los tres inviernos y de abril a septiembre durante los dos veranos.

2.1.4 REGISTRO DE DATOS: FICHAS DE CENSO Y DE SECTOR

En todo trabajo de campo es imprescindible el empleo de un material que posibilite una toma de datos organizada así como un buen manejo de los mismos. La herramienta utilizada para registrar la abundancia de las aves en los muestreos fue una ficha de censo extraída de Farinós (2006). En ella se anota el sector, la fecha y la hora; la abundancia y actividad de cada especie en cada banda; las condiciones meteorológicas generales, así como observaciones inusuales, perturbaciones (personas, vehículos); elementos imprevistos, etc.

Por otro lado, la caracterización necesaria de las condiciones generales de cada sector como paso previo a los censos también fue extraída de Farinós (2006); así como su caracterización.

2.1.5 METODOLOGÍA DE OBSERVACIÓN

Cada sector era censado sistemáticamente desde el mismo punto, que permitía cubrir todo el sector sin modificar la distribución ni el comportamiento de las aves. Se utilizaban referencias visuales fijas en tierra y en el agua para estimar las distancias que delimitan las bandas de conteo. Al llegar se anotaba la hora de inicio y los parámetros meteorológicos (viento, precipitación y cobertura nubosa); se empleaban entre 15 y 20 minutos en contar y observar los individuos de cada especie estudiada y anotar su número, distribución y actividad por bandas. Para terminar se anotaba la hora de finalización.

La observación se realizaba de forma directa, con un objetivo montando sobre un trípode; como herramientas de apoyo, se utilizaban prismáticos de 8 x 40 aumentos. Para posibles dificultades en la identificación de algunos individuos, en estados jóvenes o que no tienen el plumaje totalmente definido, se incluían en el equipo guías de identificación de aves adecuadas a la región de estudio.

2.2. CÁLCULO DE ÍNDICES

En lo referente a la abundancia de la avifauna de la laguna se realizaron una serie de operaciones para determinar:

La abundancia media invernal y estival (de manera separada) de cada especie para cada caso. (Un caso se define como la mínima división de los puntos de muestreo: una de las bandas de un sector, con lo que en un censo mensual contamos con 60 casos. Esta abundancia media temporal se consigue calculando la media entre los meses de cada temporada. En invierno entre los seis meses de octubre a marzo y en verano entre los seis de abril a septiembre, obteniéndose un valor medio para cada año y al final uno entre años.

La abundancia total media de cada especie en toda la laguna en cada temporada y cada año. Se calculan primero las abundancias medias de cada especie de cada invierno o verano, y luego se realiza una media entre los tres inviernos, o los dos veranos. Como último paso se calcula la abundancia total para cada caso, que es la media entre los meses de cada temporada. Se obtiene una matriz como la de un censo mensual, pero su contenido es la media entre los meses.

Para calcular la Diversidad de Shannon-Wiener ($H' = - \sum p_i \cdot \ln(p_i)$). Se tomó en cuenta tanto la riqueza de especies, como la uniformidad de la distribución del número de individuos de cada especie. Donde p_i es la abundancia relativa de cada especie (la abundancia entre la abundancia total de individuos para ese caso).

Una vez más, de manera separada para invierno y verano, se calcula la diversidad para cada caso por años. Realizando la abundancia entre los 6 meses de cada invierno, se obtiene una matriz media de la abundancia de ese invierno. Al final se obtiene una matriz final con la media de los tres inviernos y otra con la media de los dos veranos. A partir de estos cálculos se pueden realizar gráficas en las que se aprecia la evolución temporal, de la diversidad. Los datos de la abundancia media de los inviernos y los dos veranos para cada caso, se agrupan hasta nivel de sector (sin diferenciar entre las bandas) para comprobar la diversidad que tiene cada uno.

Con el fin de detectar cambios en el valor de conservación de la comunidad de aves acuáticas de la laguna, se calculan dos índices del estado de conservación; adaptación de Pons *et al.*, (2003) y utilizado previamente en otros hábitat de humedales de la zona (Robledano *et al.*, 2010).

En el índice de SPEC las especies se clasifican en función de su inclusión en aves en Europa categorías SPEC (BirdLife International, 2004) y en el índice LRAE, el mismo se hizo con respecto a su estado de amenaza en el Libro Rojo de las Aves en España (Madroño *et al.*, 2004).

LRAE es el acrónimo en español de este documento técnico (Libro Rojo de las Aves de España), en el que las especies de aves son evaluadas respecto a las categorías de la UICN de riesgo de extinción a nivel nacional. Las puntuaciones en cada una de estas dos clasificaciones se multiplicaron por la abundancia (transformados logarítmicamente) y se suman a través de la asamblea general de aves (Pons *et al.*, 2003; Paquet *et al.*, 2006).

2.3. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

El primer paso en el análisis estadístico, es comprobar la naturaleza de los datos, dado que determinará qué tipo de pruebas estadísticas habrá que ejecutar para obtener los resultados dependiendo si tienen naturaleza paramétrica o no.

Se investiga la variabilidad de diversos índices biológicos básicos como la abundancia total, riqueza de especies y diversidad de Shannon-Wiener, así como de dos índices integrados de conservación. Los factores temporales que se utilizan son el cambio estacional (factor “season”), para analizar si hay diferencias entre la comunidad invernante y la estival y luego se trabajará, por un lado, el invierno, y por otro, el verano ambas estaciones desglosadas por años. Los factores espaciales utilizados para buscar diferencias en la comunidad fueron por un lado “cubeta”, dado que en el Mar Menor se pueden diferenciar dos grandes cubetas con características hidrológicas distintas (Pérez-Ruzafa y Marcos Diego, 2003), lo que puede determinar condiciones particulares

diferentes para las aves; por otro lado, el factor “banda”, dado que dependiendo del morfotipo de cada especie podrá explotar diferentes bandas. La prueba de Kruskal-Wallis (para datos no paramétricos) se utilizó para detectar posibles diferencias en los valores de los índices entre años. La significación estadística se estableció en $p = 0,05$ en todos los análisis.

Se aplicaron métodos multivariantes de ordenación para representar la similitud entre las posibles subdivisiones temporales o espaciales en un espacio de dos dimensiones. De esta manera se pretende reducir el número de dimensiones de los datos para interpretar las similitudes que pueda haber en la comunidad en base a los factores determinados: cubeta, banda y diferentes clases definidas a partir del rango de valores de los dos índices de calidad ornitológica. Todo ello se realizó agrupando las observaciones en distintas escalas: inviernos frente a veranos, las medias entre los inviernos y las medias entre los dos veranos. Después de la normalización de los datos a mediante una transformación $\log(x + 1)$, se realizó un escalamiento multidimensional (MDS) (Clarke, 1993) con el software Primer 6 (Clarke y Gorley, 2006, Farinós *et al.* en revisión).

Sobre la matriz de abundancias brutas de las especies, se realizó un análisis del valor del indicador (IndVal) basado en el Test de Monte Carlo, llevada a cabo a través del software PC-Ord (McCune y Mefford, 1999). Este análisis permite detectar especies indicadoras (con una significación estadística) de cada clase del factor de agrupación que se integra en el análisis (Dufrene y Legendre, 1997). Por lo tanto, de esta forma se podrán identificar las especies más representativas o indicadoras para cada clase de los factores espaciales (banda o cubeta), temporales (invierno o verano) y de los factores que describen el valor de conservación SPEC y LRAE de los sectores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ÍNDICES ESTRUCTURALES: ABUNDANCIA, RIQUEZA Y DIVERSIDAD SHANNON-WIENER.

La comunidad invernante del Mar Menor responde a gradientes funcionales y estructurales internos, como la influencia decreciente del Mar Mediterráneo hacia el interior de la laguna -opuesta al grado de confinamiento (Guergolet & Perthuisot, 1983), dado su carácter transicional, las corrientes de norte a sur en la laguna, su estructura física o su geomorfología y a factores externos, como las actividades humanas que lo rodean (Farinós y Robledano, 2010).

La abundancia total de esta comunidad invernante está representada gráficamente en la figura 4 y no difiere demasiado si la comparamos con las descritas anteriormente a largo plazo (Robledano y Farinós, 2006 y Robledano y Farinós, 2010) cormoranes, anátidas, láridos y podicipédidos alcanzan sus máximas poblaciones en invierno. Aunque presenta algunas diferencias que se detallarán más adelante. Todos los cálculos realizados para determinar la abundancia invernal se recogen en el anexo 1.

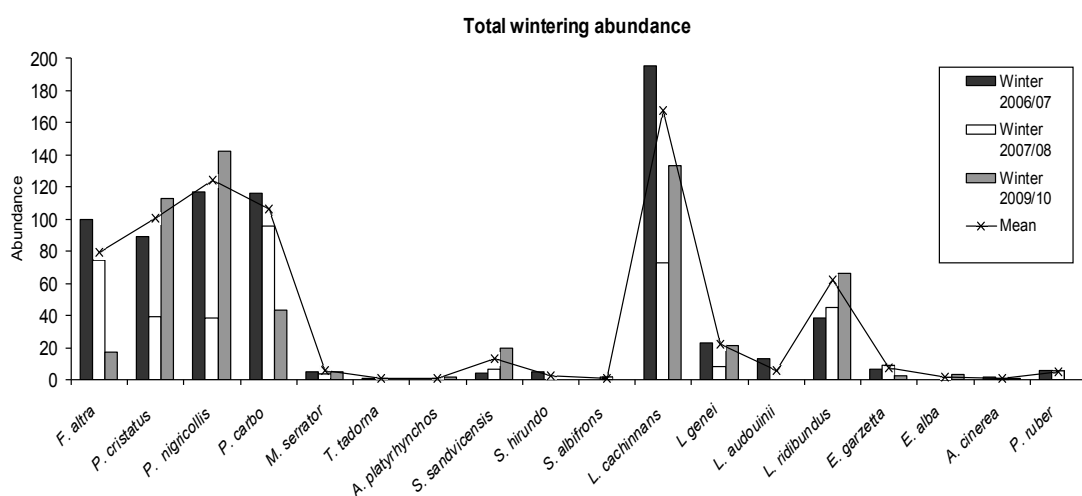


Figura 4. Abundancia total de especies invernantes.

Comparando la avifauna invernante registrada desde la década de los 70 y sus cambios a largo plazo, la Serreta mediana mantiene su descenso gradual; convirtiéndose

actualmente en una de las menos abundantes dentro de la comunidad invernante. De manera inversa, son los podicipédidos y el Cormorán grande los que aumentan su población invernante, hasta convertirse en el grupo dominante de la laguna. Así mismo, destaca el aumento de la Focha común dentro de los fitófagos, con una de las densidades más altas, aunque sólo en los primeros años, puesto que en los dos últimos presentan una tendencia descendente. Estas variaciones en la abundancia de la avifauna a lo largo del tiempo cobran sentido si se tiene en cuenta la respuesta de cada especie ante el proceso de eutrofización que ocurre en el Mar Menor. La disminución de la anátida Serreta mediana es el cambio que más llama la atención. (Robledano y Farinós, 2006; Farinós y Robledano. 2010 y Robledano *et al.* 2011). Ahora se ubican únicamente en la cubeta sur de la laguna, tal y como se representa en la figura 5. Su localización se centra desde la Isla del Ciervo hasta el sector de Los Urrutias, abarcando dos de las tres desembocaduras de las ramblas de la laguna. Aunque también cuenta con una importante presencia en el sector 15, que puede ser debida a la proximidad del Parque Regional de las Salinas de San Pedro, con menos perturbaciones que en la cubeta sur. La segunda razón puede ser por la oligotrofia de las aguas de la zona norte, ya que la serreta podría presentarse también en el sector de Lo Poyo, cuyas características son similares a excepción de la eutrofia de sus aguas. Este descenso puede ser debido a una respuesta negativa frente al cambio tanto en la calidad del alimento como a su composición producidos por la eutrofización, como a otros efectos antrópicos. A corto plazo, y estudiando su abundancia desde el punto de vista de su uso como bioindicador del estado del Mar Menor, la Serreta mediana no parece un buen instrumento para ello, ya ha demostrado ser tolerante a la entrada de nutrientes a la laguna durante largos periodos de tiempo (Martínez *et al.*, 2005a; Robledano *et al.*, 2011). La respuesta inversa a este proceso la encabezan el Somormujo lavanco, el Zampullín cuellinegro y el Cormorán grande, que han aumentado su abundancia total en torno a los sectores en las que hay descarga de nutrientes. (Robledano *et al.* 2011) (Figuras 6 y 7).

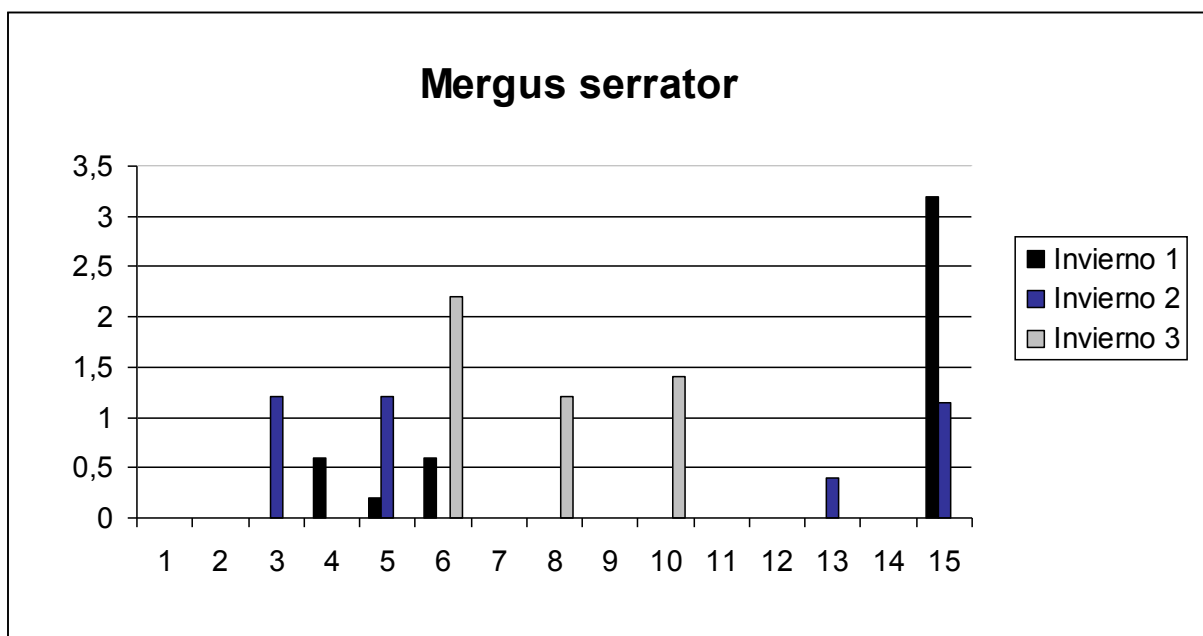


Figura 5. Distribución de la Serreta mediana en la laguna

El Zampullín cuellinegro y el Somormujo lavanco dominan toda la masa de agua y se ven beneficiados por el cambio tanto en la calidad como el tipo de alimento (cambios en la ictiofauna). Estas especies se alimentan de peces de menor tamaño, los cuales se encuentran en mayor abundancia debido a la mayor entrada de nutrientes o a la sobrepesca, con lo que se puede decir que estas aves están vinculadas a aguas eutróficas, de ahí su mayor distribución en las últimas bandas en torno a sectores más próximos a desembocaduras de las Ramblas de la Carrasquilla, de Ponce, el Beal y el Albuñón. Resalta la casi inexistencia de zampullines en la ribera exterior de la laguna y su aglomeración en esos sectores del sur, dada la corriente principal de transporte de nutrientes. Estas son las razones por las que se les identifican como indicadores de respuesta temprana a la eutrofización. (Martínez *et al.*, 2005a; Farinós y Robledano. 2010 Robledano *et al.*, 2011. Robledano y Farinós. 2010). Aunque no son completamente iguales, el Somormujo depende más de las condiciones locales, mientras que el Zampullín es más oportunista. (Robledano y Farinós. 2011). La tercera especie más representativa de la comunidad aviar invernante, el Cormorán grande, también se ve beneficiado por el aumento de los nutrientes pero en menor medida, dada su alta capacidad de movilidad diaria para buscar alimento. En cualquier caso, los Cormoranes se distribuyen en aquellas zonas más cercanas a las islas, donde pueden posarse en rocas emergentes. (Farinós y Robledano, 2010)

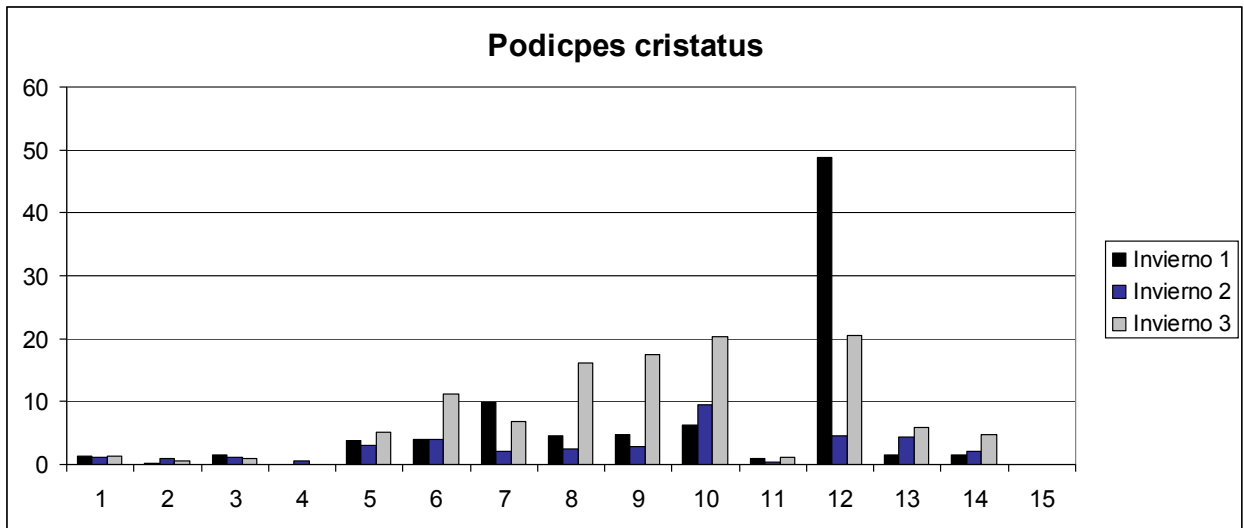


Figura 6, distribución invernante del Somormujo lavanco.

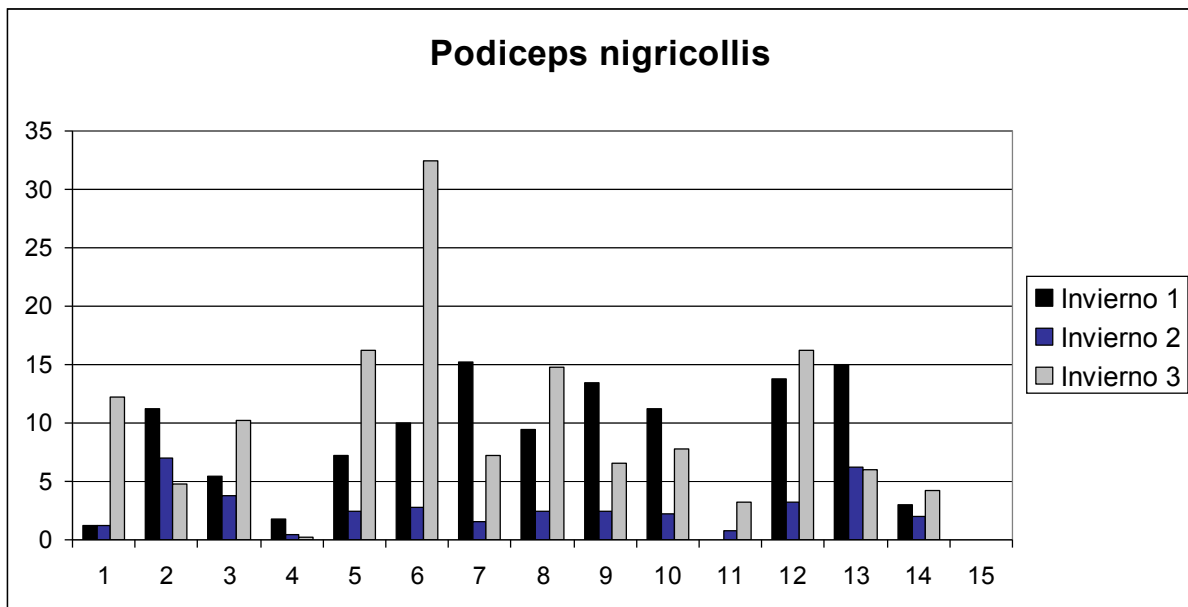


Figura 7, distribución invernante del Zampullín cuellinegro.

El caso de la Focha común es reseñable, dado que hasta 1992 era casi inexistente en el Mar Menor y ahora forma parte de las aves invernantes más abundantes. Esto ocurre debido a que la eutrofización deteriora comunidades de fanerógamas y macroalgas, favoreciendo a otras más oportunistas, que constituyen la fuente de alimentación de estos herbívoros generalistas. (Robledano *et al.* 2011) Su distribución es la más acotada, tal y como muestra la figura 8, únicamente está presente en tres sectores, siendo uno de ellos la desembocadura de la Rambla del Albuñón. Ocupa

exclusivamente la primera banda de esos sectores, debido a la dependencia que tiene de esos macrófitos. (Robledano y Farinós, 2010)

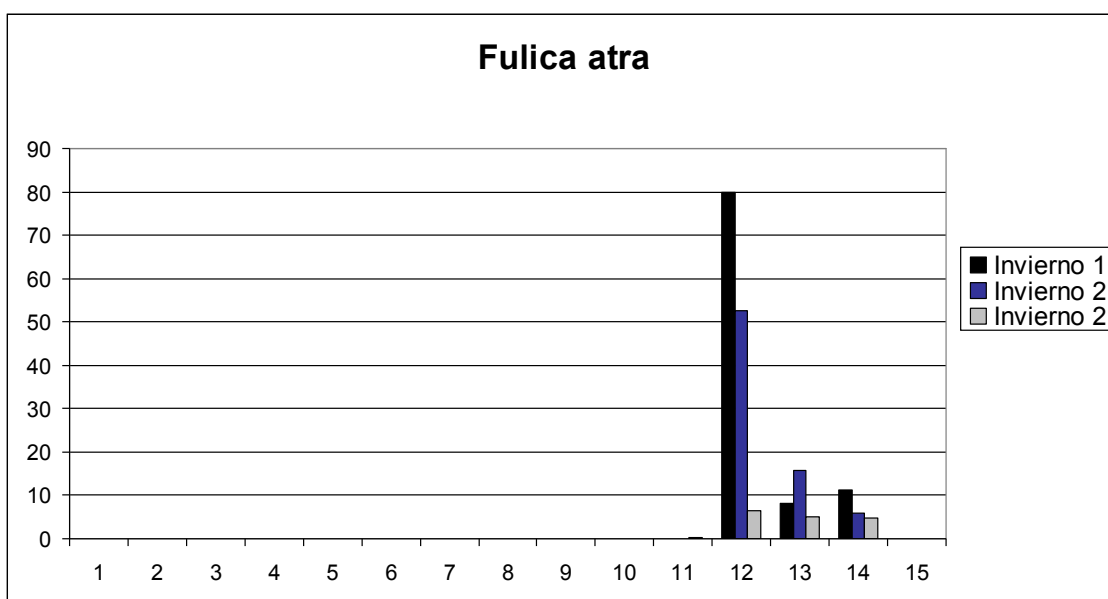


Figura 8, abundancia total de la Focha común.

Como representa la figura 4, la Gaviota patiamarilla sigue siendo la especie de la familia de los láridos más abundante, debido a que es la especie más ecléctica, expansiva y demográficamente dominante. A ello se añade el efecto del estado de mayor vulnerabilidad de la Gaviota de Audouin y de la picofina, con requerimientos ecológicos más específicos que la patiamarilla. Al estudiar la distribución de estas cuatro especies en la laguna, no obstante, no se identifica ningún área en concreto para ninguna de ellas, mostrando un carácter generalista (Robledano y Farinós. 2006). Se distribuyen en función de la disponibilidad de alimento con independencia, en principio, del grado de estrés antrópico. Únicamente podría destacar la Gaviota reidora, cuya distribución se ciñe más a aguas más abiertas y oligotróficas del norte de la laguna (Farinós y Robledano. 2010), con lo que su abundancia es mayor en sectores como la Encañizada Vieja o en las Salinas de San Pedro del Pinatar.

Con respecto a los estérnidos, mientras que el Charrán patinegro, como especie invernante es más abundante en dicha estación, los otros dos estérnidos aumentan considerablemente en verano.

Las Ardeidas sólo se encuentran en determinados sectores, aunque todos se contabilizaron en los sectores más naturales como la Encañizada Vieja o la desembocadura de la Rambla del Albuñón.

En el caso del Flamenco, sólo se tiene constancia de su observación en la Encañizada vieja.

Lás anátidas Ánade real y Tarro blanco únicamente aparecen de manera puntual en los sectores de la Encañizada Vieja y en la desembocadura de la Rambla del Albuñón sin estar presentes durante todos los inviernos en los que se muestreó. Esta discreta presencia en el Mar Menor difiere de la presencia que suelen tener en otros humedales de la misma zona.

Tras analizar las diferencias en los diferentes índices anteriormente calculados mediante el test de Kruskal- Wallis, se obtuvieron diferentes resultados. (Anexo 1). Tanto la abundancia total, como la riqueza y la diversidad de Shannon-Wiener entre los puntos de muestreo mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las comunidades invernantes y las estivales, (p-valor < 0,001 en los tres casos). Como muestran los análisis de la varianza de abundancia total (p-valor = 0,003), Shannon-Wiener (p-valor = 0,009) y riqueza, se obtuvieron diferencias significativas entre bandas para estos índices estructurales.

Al comprobar las posibles diferencias entre bandas en la comunidad invernante, los tres índices estructurales, abundancia total (p-valor < 0,001), riqueza de especies (p-valor < 0,001) y diversidad de Shannon-Wiener (p-valor = 0,01073), eran diferentes en función de la banda estudiada. Este resultado cobra sentido al pensar en que las aves ocuparán una banda determinada en función de su morfotipo, la fuente de alimento explotada o la sensibilidad que tengan frente a presencia humana.

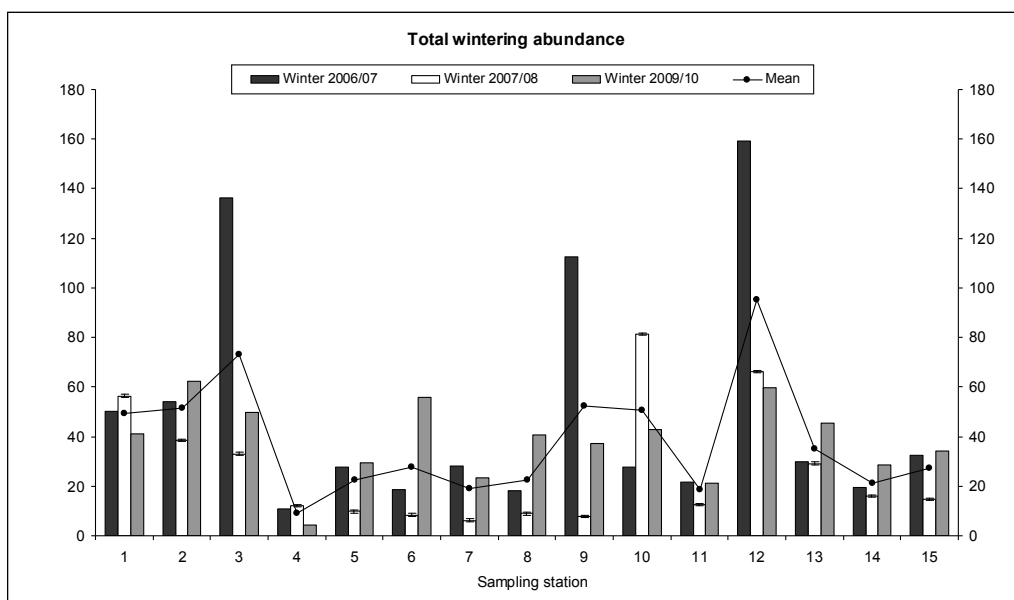


Figura 9. Abundancia total por sectores

Respecto al factor “Cubeta”, es la abundancia total (p -valor = 0,037) la que difiere significativamente entre la norte y la sur, puesto que la mayoría de las aves se contabilizaron entre los sectores de la Isla del Ciervo y el de la Desembocadura de la Rambla del Albuñón. Junto a la abundancia, una vez más, los valores del índice LRAE (p -valor = 0,034) también son diferentes al comparar las cubetas: en invierno la cubeta norte es la que posee mayores valores del índice del Libro Rojo de las Aves de España.

Al estudiar la abundancia total en cada sector de muestreo, según expresa la figura 9, los que albergan una mayor abundancia de aves son los de características más naturales, como la desembocadura del Albuñón con un gran número de fochas presentes (estación 12), o de características semiurbanas, como en la zona norte de la Isla del Ciervo, donde el elevado número de Gaviota patiamarilla el primer invierno hizo que aumentara su abundancia total. Se observó un gradiente latitudinal en cuanto a la abundancia de especies: los sectores del sur tienen abundancias más altas que los del norte.

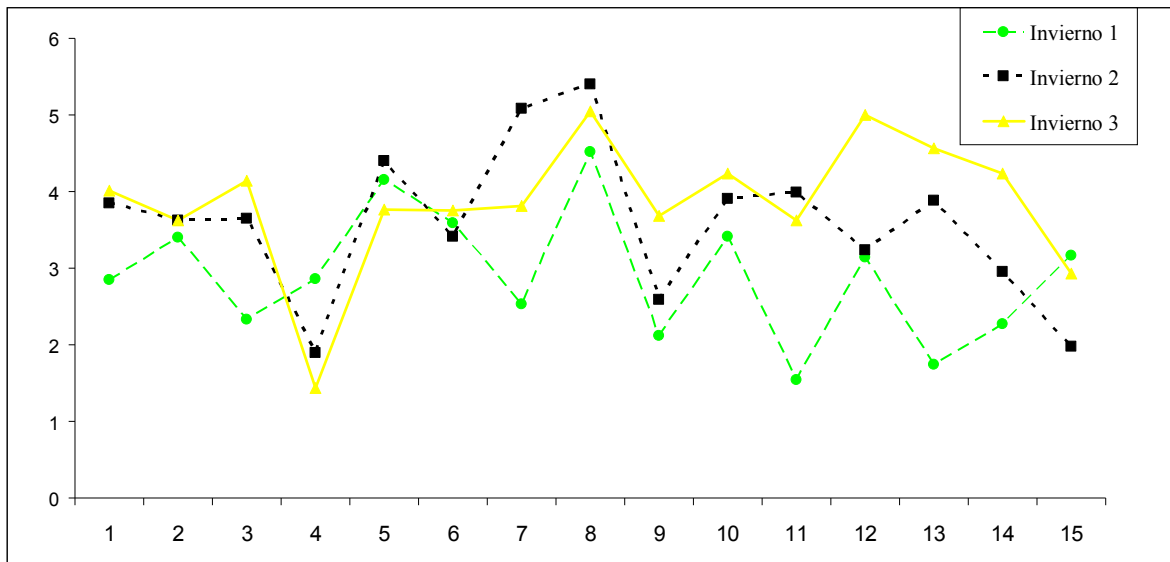


Figura 10, Diversidad Shannon-Wiener por sectores.

A nivel general, y fijándonos en la figura 10, el invierno con mayor diversidad entre los sectores fue el segundo. El tramo comprendido entre el sector 6 y el 12 es el que cuenta con mayor diversidad invernal. Este área sur- suroeste es la zona de afluencia de nutrientes procedentes de la agricultura intensiva y recibe un aporte adicional de nutrientes a través de las corrientes internas de la laguna. El sector de la Lengua de la Vaca fue en el que se contabilizó una mayor diversidad ornitológica en todos los inviernos muestreados. Mientras que el menos diverso fue el sector sur de la Isla del Ciervo (sector 4) durante todos los inviernos.

Para seguir estudiando las características de los sectores de la comunidad invernante de aves, se hizo una comparación entre la diversidad de Shannon-Wiener y la abundancia total que albergaba cada uno en los diferentes períodos censados. Como muestra la figura 11, el sector de la Lengua de la Vaca (estación 8), fue el más diverso durante los tres inviernos, aunque comenzara siendo uno de los que menos abundancia presentaba. En relación a valores elevados de abundancia y diversidad de manera conjunta, fue el sector de la desembocadura de la Rambla del Albuñón el de mayor valor, y le siguió de cerca el del Saladar de Lo Poyo. Al analizar los resultados resaltó cómo los tres sectores con mayor aporte de nutrientes, ya sea por las corrientes norte-sur predominantes en la laguna, o por la presencia de desembocaduras de diferentes ramblas en ellos, y con características más naturales, son los que mejores valores recogen. El sector 4 disminuyó drásticamente su diversidad desde la estación 2006/2007, para

convertirse en el menos abundante y diverso. Probablemente esto es así por su proximidad al puerto deportivo y a la urbanización, ya que el sector anterior dispuesto en el lado norte de la isla presenta valores más altos y está más protegido de las actividades recreativas.

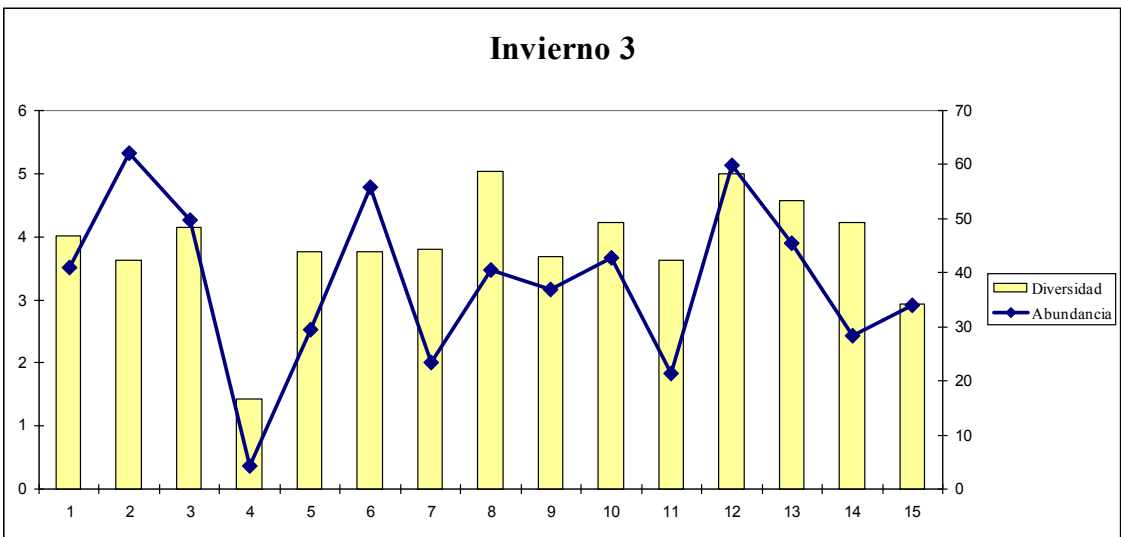
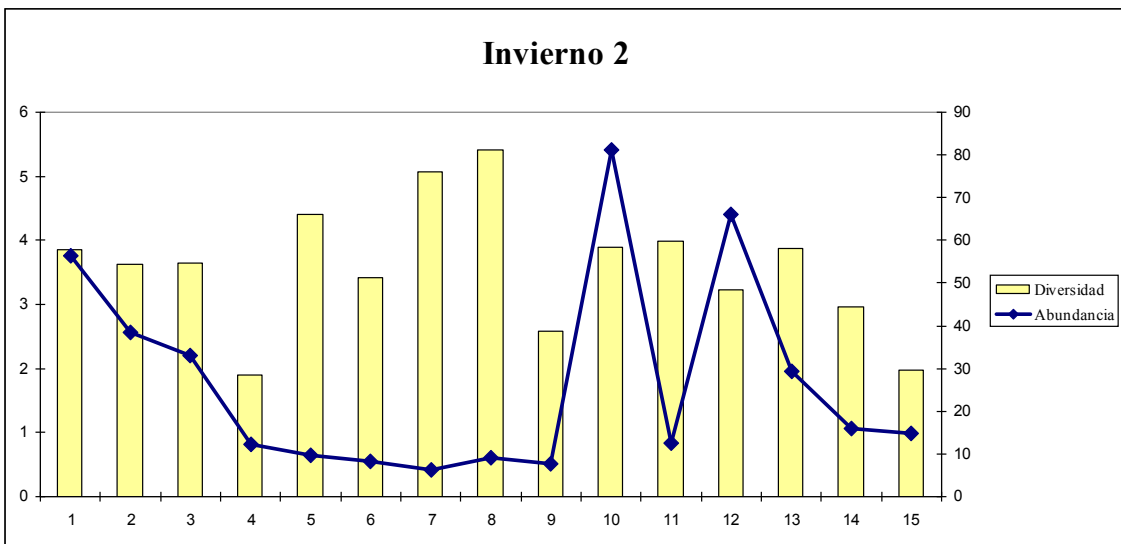
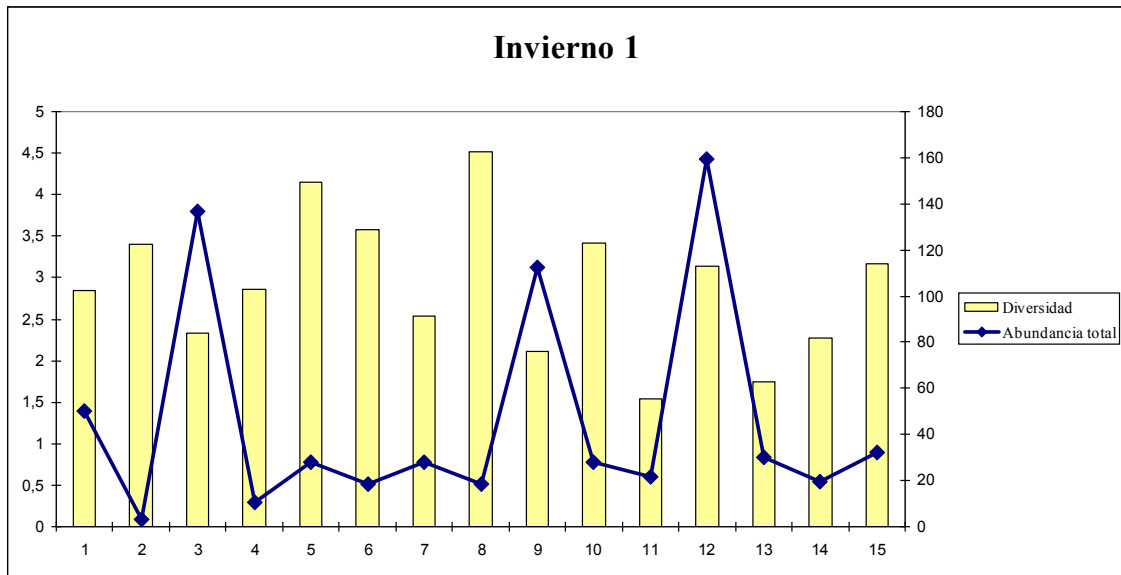


Figura 11. Comparaciones entre H' y la Abundancia de cada invierno.

La comunidad estival del Mar Menor también responde a gradientes internos y a los gradientes externos, que se ven aumentados por el incremento de población en la línea de costa, así por el aumento de número de actividades en la propia ribera o en la masa de agua. (Anexo 1).

Los análisis de varianza anteriormente comentados junto con la figura 12, reflejan que la riqueza invernal es algo superior a la estival. Además de que en verano hay menos ejemplares, las especies que habitan la laguna cambian con la estacionalidad. En verano, el Charrán común y el Charrancito común aumentan considerablemente: el más abundante es el Charrancito común, (figura 13), donde más presente está es en la Encañizada Vieja (sector 1), en el saladar de Lo Poyo (sector 10) y en la desembocadura de la rambla del Albujón (sector 12). Le sigue en abundancia el Charrán común, que ocupa sectores más urbanos como la playa del Estacio o los Urrutias (figura 14).

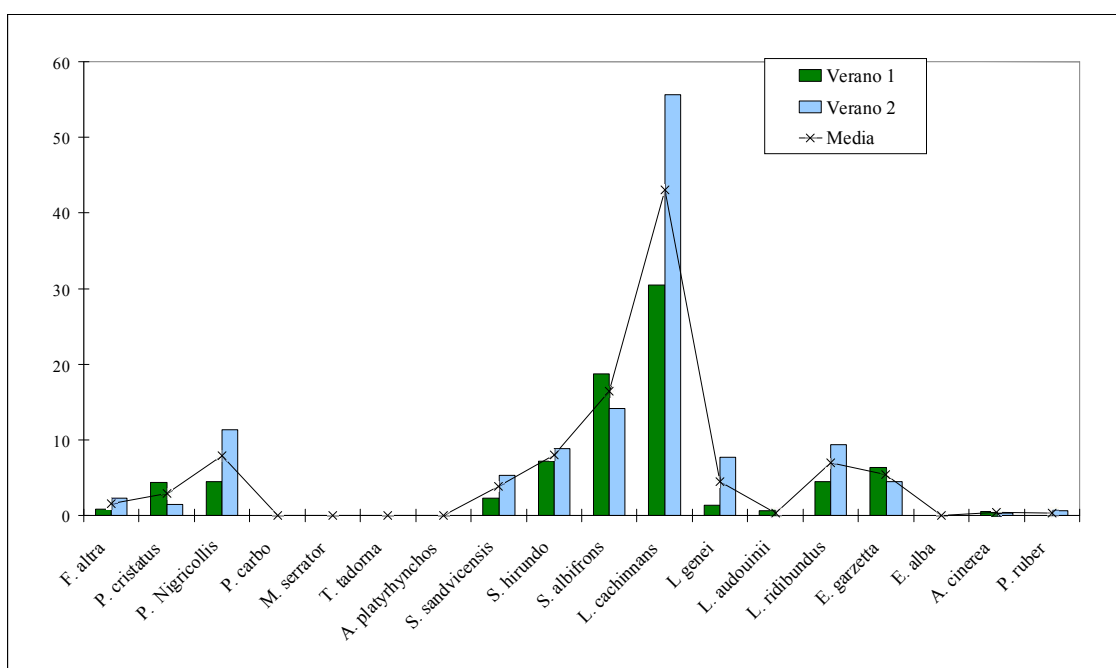


Figura 12. Abundancia total de especies estivales.

La estructura de la comunidad estival ya nada tiene que ver con la invernante: los podicipédidos y Flamencos apenas aparecen; mientras que cormoranes y anátidas ya no están presentes debido a su carácter migrador. La Garceta común parece mantener sus niveles de abundancia.

Las especies dominantes en la familia de los Láridos se mantienen pese al cambio estacional, aunque con menor abundancia, como el resto de las especies estivales.

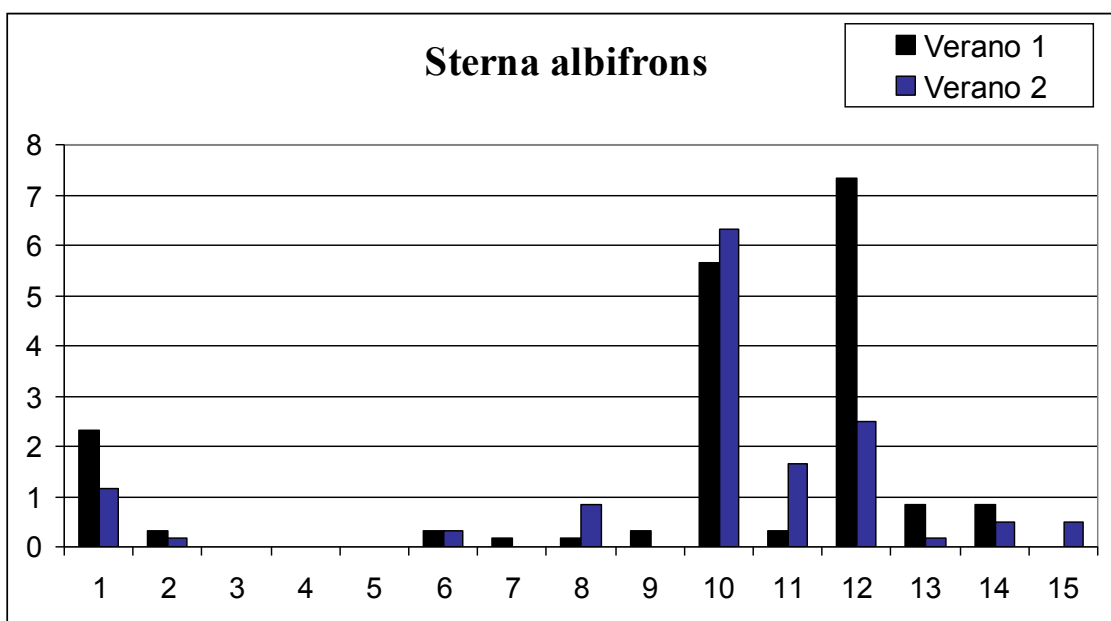


Figura 13. Abundancia estival del Charrancito común.

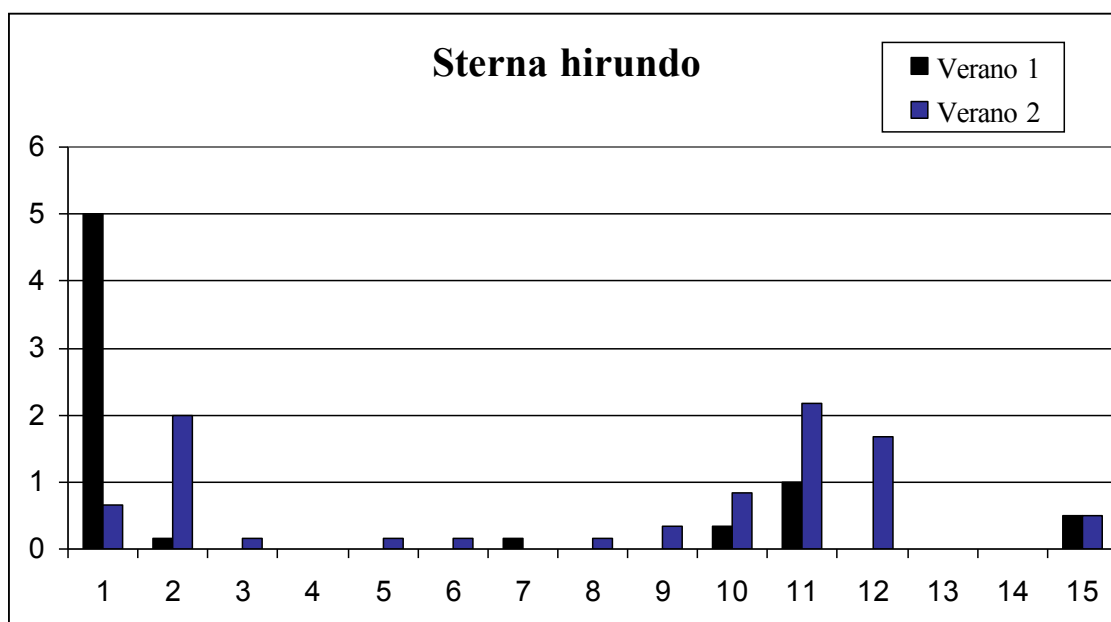


Figura 14. Abundancia estival del Charrán común.

Los resultados de los análisis de la varianza mostraron que entre los dos veranos censados aparecen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a su abundancia total (p-valor = 0,046) y a su riqueza (p-valor = 0,04).

Por la misma razón apuntada para el invierno, los diferentes morfotipos y requerimientos ecológicos, determina que las especies estivales también ocupan diferentes bandas por lo que al comparar los datos de la abundancia total (p-valor < 0,001), de la riqueza (p-valor < 0,001) y de la diversidad (p-valor < 0,001) estivales, se obtuvieron diferencias significativas.

Por otro lado, para el factor “cubeta” sólo hubo diferencias para la abundancia total entre la zona norte y la sur de la laguna con un p-valor = 0,047.

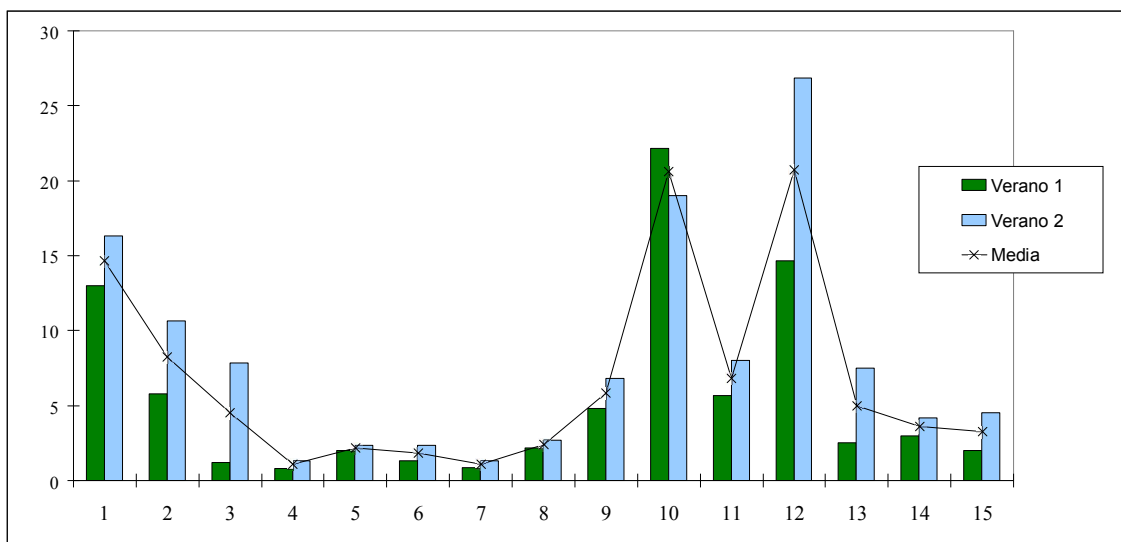


Figura 15, abundancia total por sectores.

Tanto si observamos la abundancia por especie, como si la abundancia por sectores de muestreo, el segundo verano presenta mayor número de aves que el verano de 2007. Durante la época estival los sectores con mayor abundancia corresponden con los más puramente naturales: ya sea por su proximidad al Mar Mediterráneo (sector 1), lo que permite el asentamiento de un gran número de Gaviotas Picofinas, con preferencia por aguas oligotróficas; o por su proximidad a desembocaduras de ramblas (sectores 10 y 12).

Con respecto a la diversidad de Shannon-Wiener de cada sector de muestreo (figura 16), el segundo verano presentó niveles superiores, mostrando una marcada variación de diversidad de un año para otro, excepto en los Narejos, la playa de la Hita,

los Urrutias, Lo Poyo y los Nietos. Aumentan considerablemente sectores como Marchamalo, Lengua de la Vaca o la desembocadura de la rambla del Albuñón (sectores 5, 8 y 12 respectivamente).

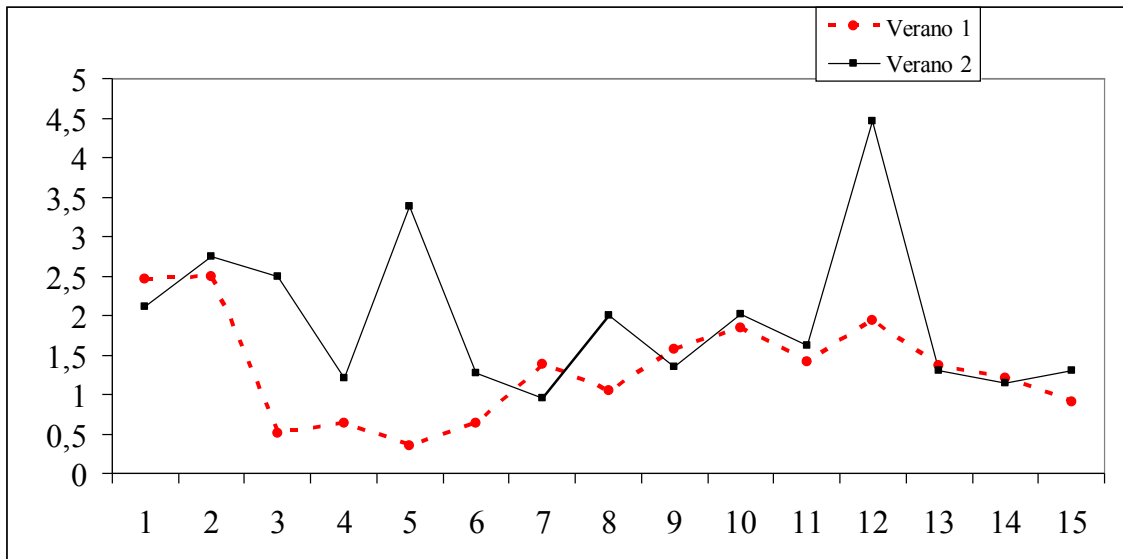


Figura 16, diversidades Shannon-Wiener por sectores.

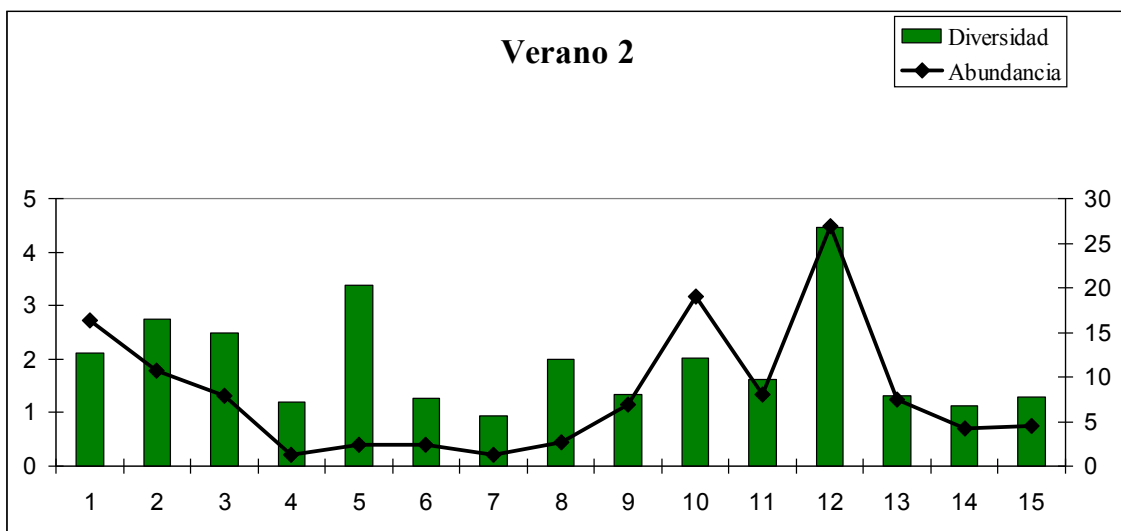
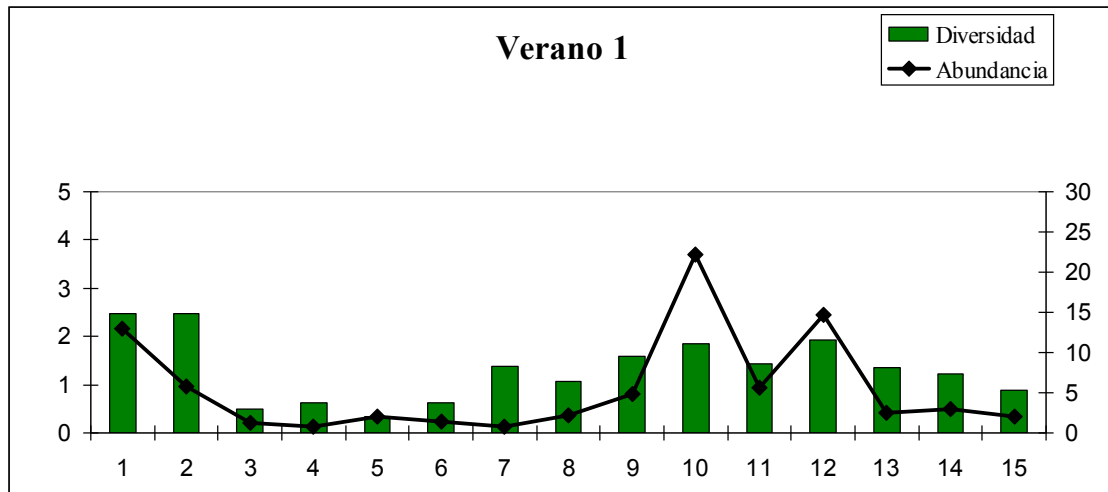


Figura 17, comparaciones entre H' y la abundancia de cada verano.

En la figura 17 se muestran las características de los sectores de muestreo durante los veranos censados en cuanto a su abundancia y diversidad ornitológica. Independientemente de que ambos índices sean superiores en el verano de 2008 como ya se ha dicho, el sector del Saladar de Lo Poyo es el que se mantiene constante en el tiempo ostentando los mayores valores. Dos sectores llaman la atención debido al incremento del índice de diversidad: la desembocadura del Albuñón y el canal de Marchamalo son mucho más diversos un año después. El sector ubicado en la Lengua de la Vaca también lo hace, aunque en menor medida.

Debido a los cambios apreciados en la comunidad de ambas cubetas de la laguna con respecto a la estacionalidad, se realizaron análisis de la varianza de los parámetros internos de cada cubeta por separado, para conocer sus características. El resultado

mostró que tanto en la cubeta norte (formada por tres sectores urbanos como los Narejos, las Salinas de San Pedro y la Playa del Estacio; y por los naturales de la Encañizada Vieja y la de la Playa de la Hita), como en la cubeta sur (formada por el resto de sectores) de invierno a verano cambian la abundancia total, la riqueza de especies y la diversidad de Shannon-Wiener, siendo todos los cambios estadísticamente significativos.

3.2. ÍNDICES DE CONSERVACIÓN: LRAE Y SPEC

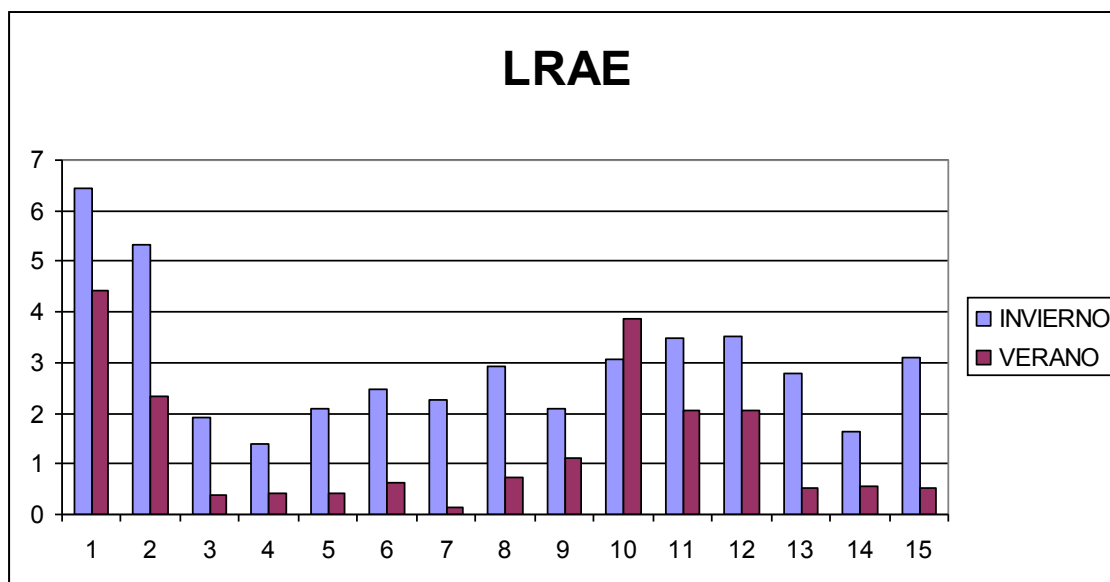


Figura 18, valores índice LRAE por período estacional.

Tras realizar los cálculos (anexo 2) para el índice de conservación basado en el Libro Rojo de las Aves Español, conforme a las categorías de riesgo de extinción de las especies propuestas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y representado en la figura 18, se obtuvo un mayor valor en casi todos los sectores durante la época invernal, debido sobre todo a que las especies invernantes suelen presentar un mayor riesgo de extinción que las estivales (como es el caso del Flamenco común, el Zampullín cuellinegro o el Tarro blanco) y mayor abundancia.

En invierno el sector con mayores valores fue el número 1, la Encañizada Vieja. Este sector es de los más diversos y abundantes, destacando especies como el Flamenco común. En verano también es la Encañizada Vieja el que obtiene mayor valor, pero por presentar abundantes poblaciones de Gaviota picofina y Charrán común. Se trata de un sector de características naturales, con encharcamientos en su interior, islotes, matorral halófilo y sin perturbaciones humanas, lo que lo hace muy especial dado que se sitúa al final de La Manga, lugar de alta densidad de población en determinadas épocas del año, produciendo importantes perturbaciones a la comunidad presente. Tanto es así, que en invierno y verano obtuvo las categorías alta y medio-alta de conservación.(Tabla 2).

LRAE						
	VERANO 1	VERANO 2	INVIERNO1	INVIERNO2	INVIERNO3	
S1	MEDIO ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	S1
S2	MEDIO BAJO	MEDIO ALTO	ALTO	BAJO	MEDIO	S2
S3	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S3
S4	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S4
S5	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S5
S6	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	S6
S7	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S7
S8	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S8
S9	BAJO	MEDIO BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S9
S10	MEDIO ALTO	ALTO	BAJO	BAJO	MEDIO	S10
S11	MEDIO BAJO	MEDIO BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	S11
S12	MEDIO BAJO	MEDIO BAJO	MEDIO	BAJO	MEDIO	S12
S13	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	S13
S14	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S14
S15	BAJO	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJO	S15

Tabla 2. Comparación estacional de las categorías LRAE.

A pesar de la leve correlación que aparenta haber entre las dos estaciones, no es posible identificar un segundo sector en el que coincida el mayor valor de conservación. En invierno el segundo en importancia es Playa Estacio, que a pesar de su proximidad al puerto deportivo, acoge a Gaviotas de Audouin, probablemente por su proximidad a Isla Grosa, en la que hay una colonia de estas aves. En verano el segundo sector es el Saladar del lo Poyo, por la alta abundancia de láridos estivales (Charrán, Charrancito y Gaviota picofina).

Ambos índices aumentan sus valores en torno a los sectores ubicados al sur-suroeste de la laguna: en las desembocaduras de las ramblas (aporte de nutrientes), junto a criptohumedales y zonas de recepción del transporte por las corrientes de agua. El que las zonas eutrofizadas tengan un valor de conservación alto, se podría relacionar con el efecto inicialmente positivo que tiene este efecto sobre la abundancia y diversidad de aves (Fuller, 1982).

Los sectores con menor valor, según el índice basado en el Libro Rojo español, son en verano el sector urbano de Islas Menores, con poca diversidad en escasa abundancia y en invierno, el lado norte de la Isla del Ciervo, donde las especies más vulnerables registradas fueron las Gaviotas Picofinas.

En verano los valores de los índices disminuyen en los sectores más afectados por el turismo o por la proximidad a zonas habitadas, aunque algunos (Los Urrutias, El Estacio) se apartan de esta tendencia general.

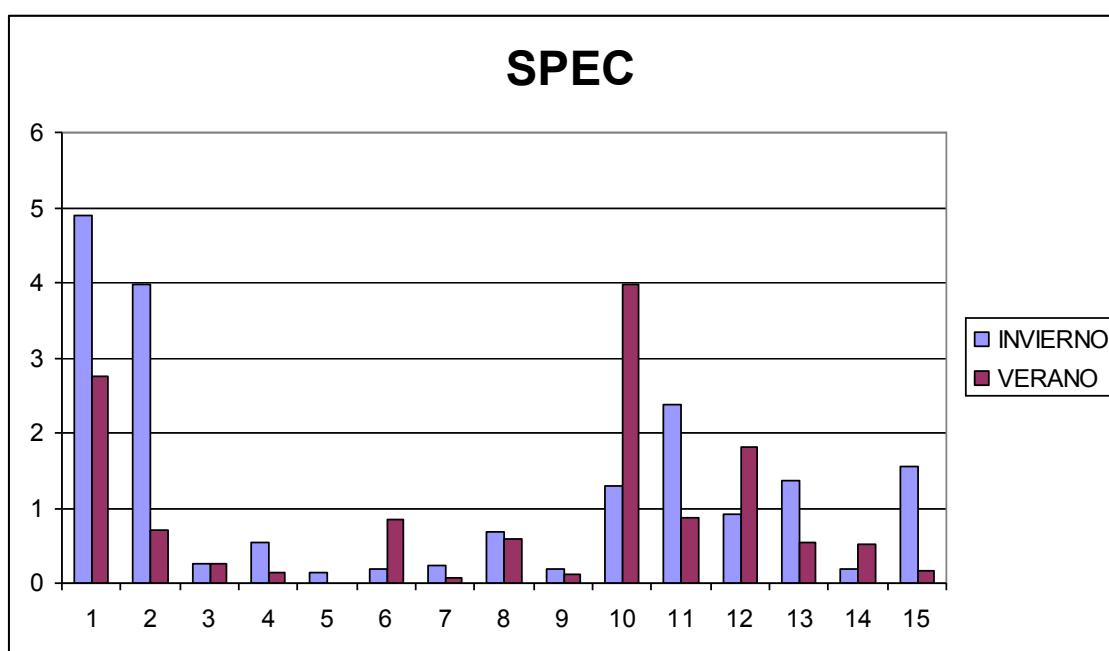


Figura 19, valores del índice SPEC.

Los resultados obtenidos para el índice de valor de conservación ornitológica basado en las categorías SPEC de BirdLife International (2004) difieren más dependiendo de la época del año. (Tabla 3).

En invierno, los sectores más importantes, siguen siendo la Encañizada Vieja por sus Flamencos y la playa de Estacio por las Gaviotas de Audouin, que es el ave al que mayor valor se le atribuye en este índice. Pero en verano el sector del Saladar de Lo Poyo encabeza la lista debido a la alta abundancia de Charrancito, Charrán patinegro y

Gaviota picofina; en segundo lugar está la Encañizada Vieja que, pese a tener mayor diversidad de aves, se presentan con menor abundancia.

		SPEC					
		VERANO 1	VERANO 2	INVIERNO1	INVIERNO2	INVIERNO3	
S1	MEDIO ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	S1
S2	BAJO	MEDIO BAJO	ALTO	BAJO	MEDIO	S2	
S3	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S3	
S4	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S4	
S5	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S5	
S6	BAJO	MEDIO BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S6	
S7	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S7	
S8	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S8	
S9	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S9	
S10	ALTO	ALTO	BAJO	BAJO	MEDIO	S10	
S11	BAJO	MEDIO BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	S11	
S12	MEDIO BAJO	MEDIO BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S12	
S13	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	S13	
S14	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S14	
S15	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	S15	

Tabla 3. Comparación estacional de las categorías de SPEC.

En contraposición, el sector de Marchamalo junto con el de Islas Menores son los peor valorados. En concreto, el de Marchamalo ni siquiera obtiene valor en verano, dado que sólo se contabilizaron unos cuantos ejemplares sin valor de conservación según las categorías de Birds in Europe (BirdLife International, 2004). En la época invernante también es el menos importante con pocos ejemplares de Gaviota picofina.

No todas las especies cuentan con el mismo valor en ambos índices, dado que cada uno mide aspectos diferentes. El índice LRAE valora más al Tarro blanco, las Gaviotas Picofinas, el Charrán común o el Zampullín cuellinegro; por lo que los sectores que contienen mayor población de estas especies, obtienen categorías LRAE superiores. Mientras que el índice SPEC valora más a las Gaviotas de Audouin y a los Charranes Patinegros.

Tras el análisis de todos los resultados obtenidos se puede decir que los sectores que mayor valor de conservación presentan tanto en invierno como en verano y

mediante los dos índices son la Encañizada Vieja y el Saladar de Lo Poyo, como representación de zonas naturales con alta biodiversidad y abundancia; y el sector de la playa del Estacio como zona predominantemente urbana pero que acoge especies singulares. Mientras que los sectores con menor valor a nivel general son los de Islas Menores y playa de la Hita.

Aparte de identificar a las dos estaciones más naturales, los índices de valor de conservación no resultan muy concluyentes a la hora de graduar la importancia de otros sectores de características diferentes. La Encañizada y Lo Poyo no sólo son zonas naturales inmediatas a espacios naturales protegidos, también son zonas relativamente extensas y/o inaccesibles (a diferencia, por ejemplo, de la también protegida Playa de la Hita). El caso del Estacio es más difícil de interpretar, aunque su proximidad al canal del mismo nombre proporcione una zona con una oferta particularmente diversa de recursos tróficos (ictiofauna). La diversidad de peces aumenta hacia las zonas más “abiertas” de la laguna (Rosique, 2000; Pérez-Ruzafa *et al.*, 2007). Con toda la interpretación se basa en gradientes muy generales y factores no estudiados aquí pueden explicar las diferencias en las comunidades entre sectores.

3.3. ANÁLISIS DE SIMILARIDAD Y ESPECIES INDICADORAS.

Con respecto al escalamiento multidimensional de la comunidad según diferentes factores (ver anexo 3), se obtuvieron 4 resultados en las bondades de ajuste tolerables. Con los datos de abundancia a nivel bruto, se encontró una agrupación mayor entre las estaciones de muestreo invernales que las estivales (figura 20); habiendo separación entre ambas.

En invierno las comunidades se ordenan en relación a la banda de agua que explotan. (Figura 21). La primera banda de los sectores se separa del resto de bandas hacia la derecha en el diagrama de ordenación, marcando la similitud de las variables que determinan la composición de especies que utilizan la banda más cercana a la orilla, como los factores físicos que les afectan.

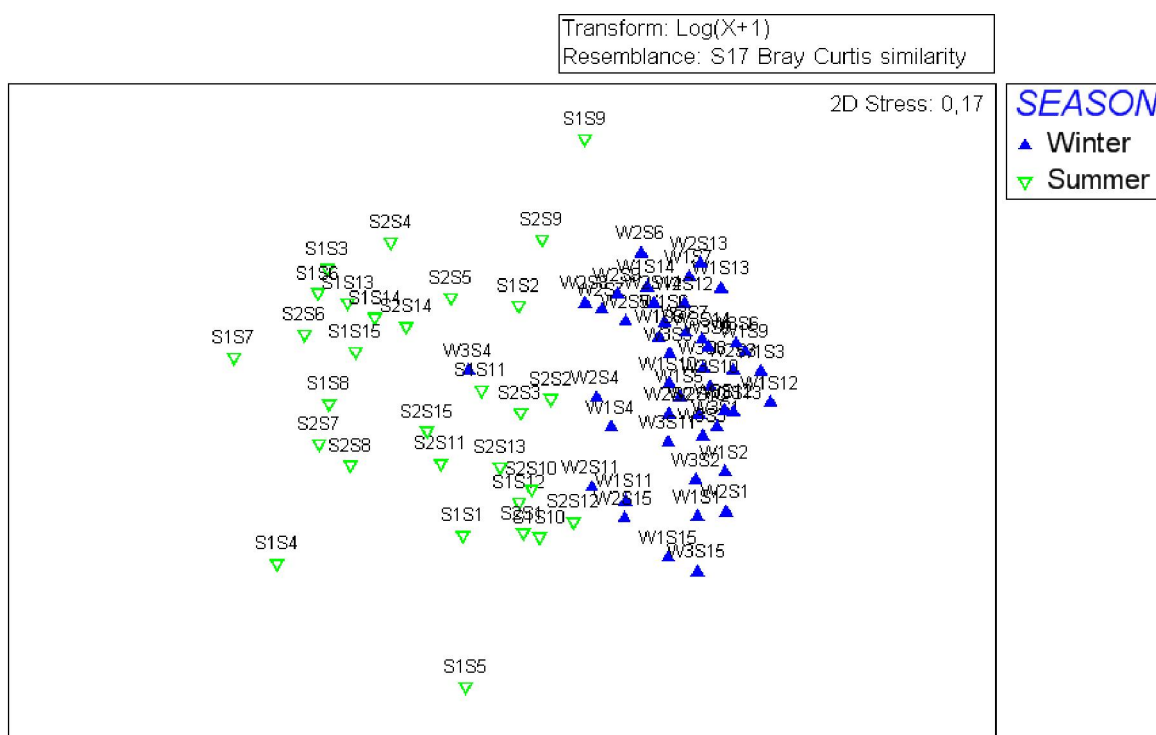


Figura 20, MDS bruto (Factor “estación”: triángulos azules, invierno; verdes, verano).

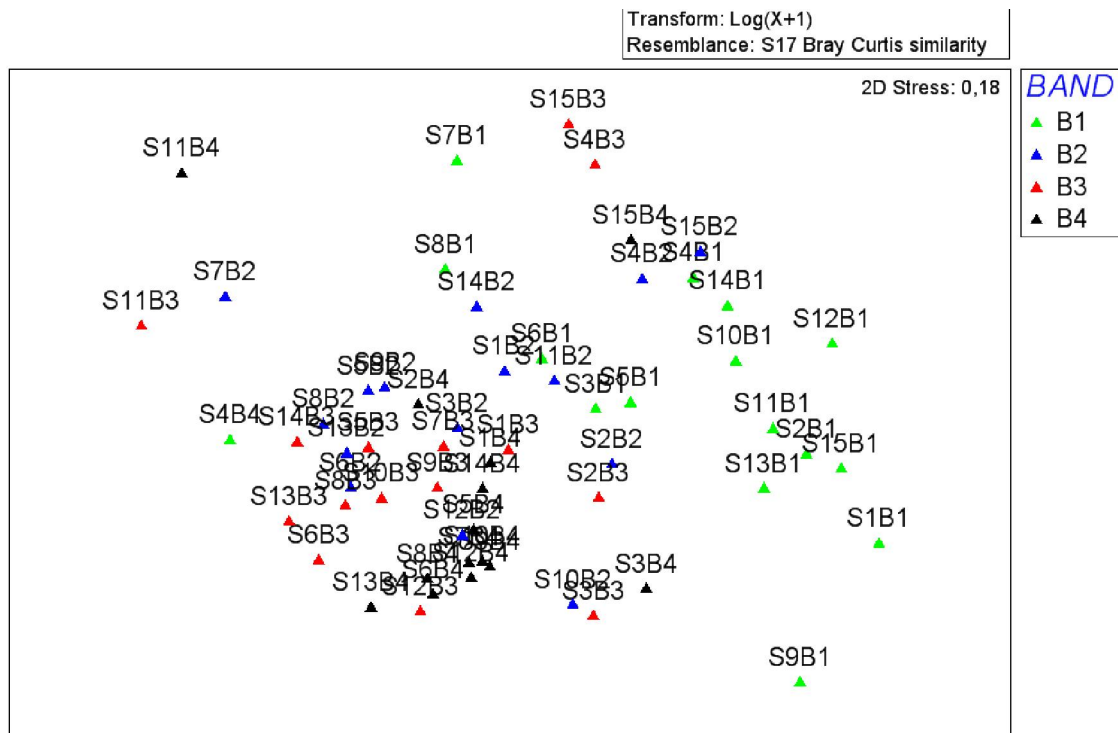


Figura 21, MDS factor “banda”: triángulos verde, banda 1; triángulos azules, banda 2; triángulos rojos, banda 3; triángulos negros, banda 4.

Otra agrupación invernal con una bondad aceptable es la referida al factor “cubeta”, con un valor de Stress de 0,14 (figura 22). Los sectores del sur son los que mayor similitud presentan, encontrando ciertos elementos comunes en ellos: presencia de varias desembocaduras de ramblas y una baja densidad poblacional en invierno. En el diagrama de ordenación, estos sectores se agrupan en la parte superior derecha, mientras que los del norte aparecen mucho más dispersos, aunque separándose entre ribera interior y exterior. Esta separación puede deberse a que en la ribera exterior las aguas son más oligotróficas y de mayor influencia marina, determinando condiciones y fuentes de alimento diferentes de las que pueda haber en la ribera interna (desembocadura de la rambla del Albuñón o Playa de la Hita). De forma general, se puede decir que para el factor “cubeta” la comunidad invernal en la parte sur de la laguna está mucho más definida, dado la mayor similaridad entre esos sectores.

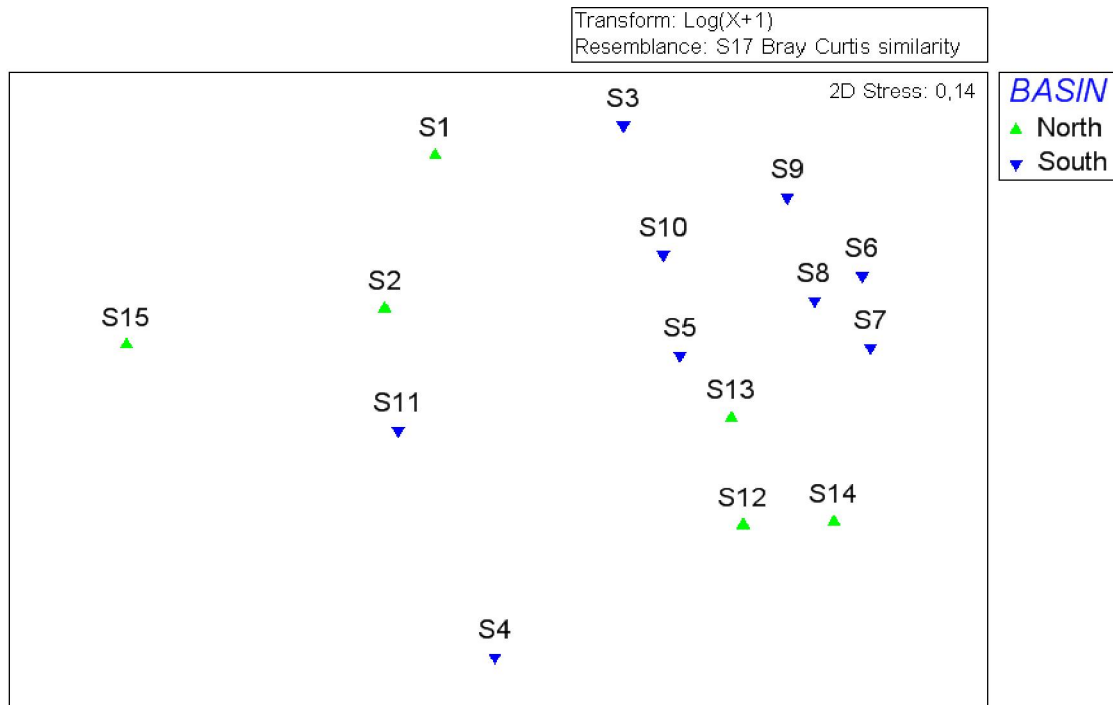


Figura 22, MDS factor “cubeta”: triángulos verdes, cubeta norte; triángulos azules, cubeta sur.

La ordenación de los sectores en base a sus categorías de conservación es similar para la estación invernal: según las categorías de LRAE (figura 23), aquellos sectores de mayor categoría se agrupan entre sí, con una relativa separación de los sectores de categoría “bajo”; se trata de dos puntos con especies importantes para la conservación, la Gaviota de Audouin y el Flamenco común. Como características comunes a los dos sectores, que puedan explicar esos valores LRAE podemos apuntar la cercanía al Parque Regional, la influencia oceánica y la cercanía del canal del Estacio (que si bien aporta cierto grado de estrés por el tráfico de embarcaciones, también diversifica las posibles fuentes de alimento, sobre todo con respecto a la ictiofauna), además del mayor grado de oligotrofia de las aguas en estas zonas.

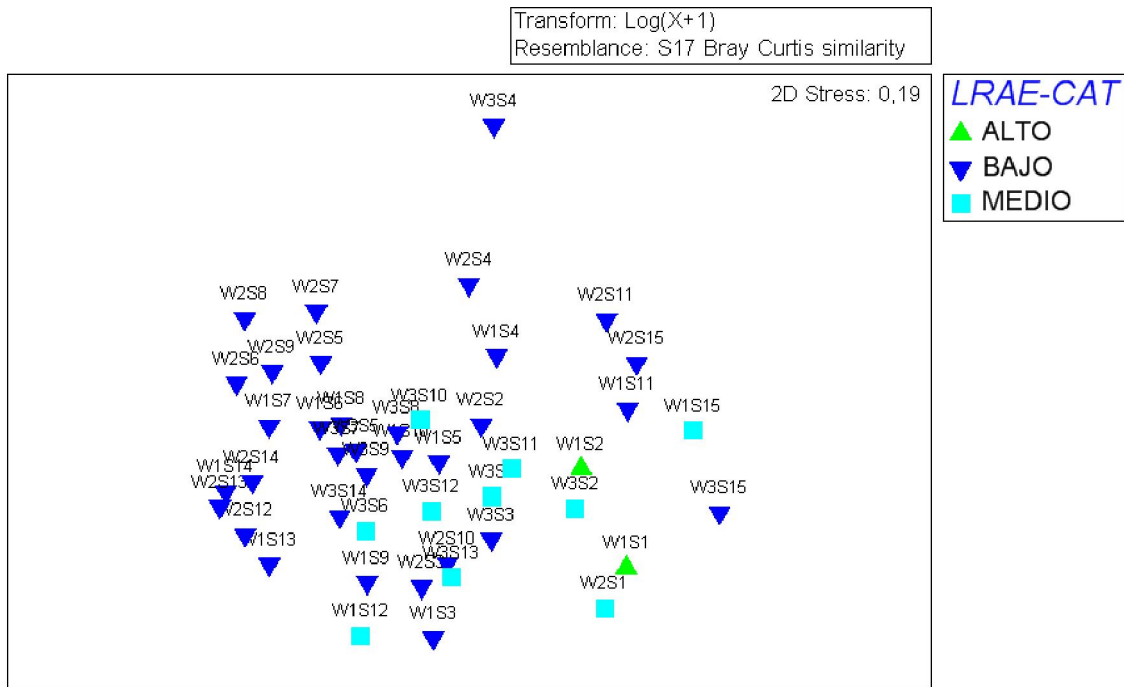


Figura 23, MDS categorías de conservación LRAE: triángulos verde, categoría lata; triángulo azul, categoría media; cuadrado, categoría baja.

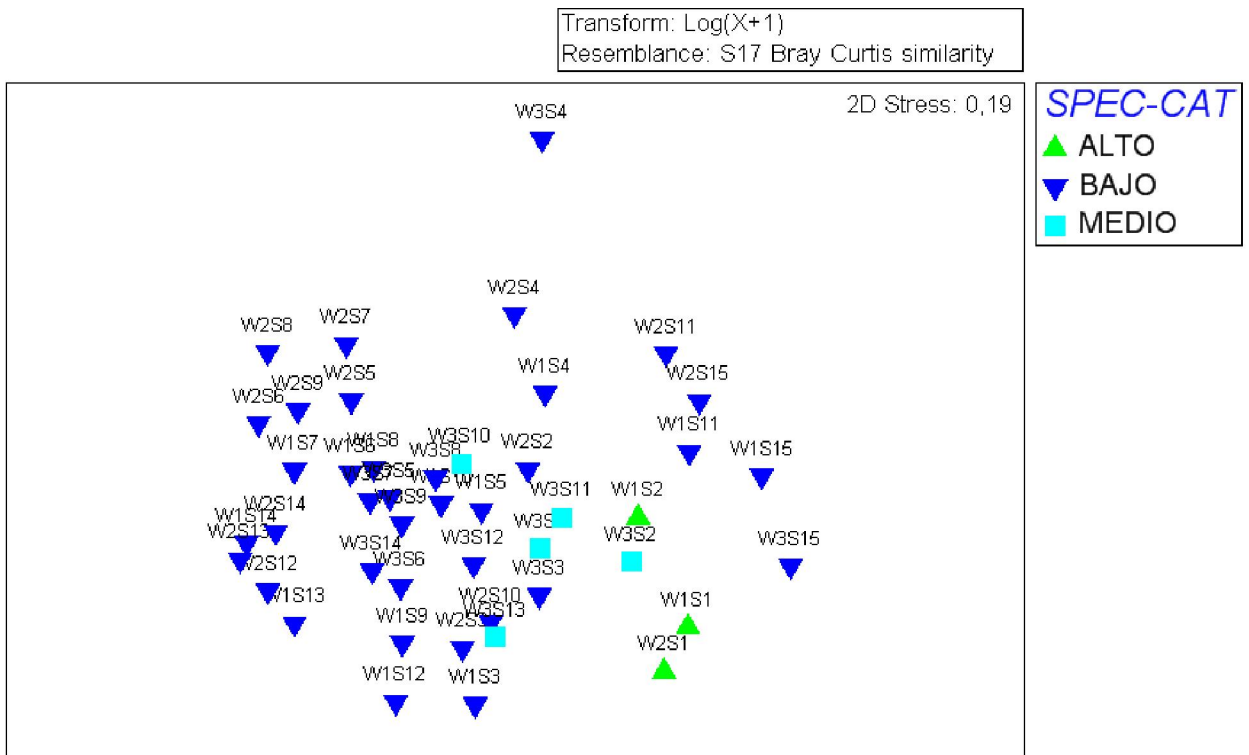


Figura 24, MDS categorías de conservación SPEC: triángulos verdes, categoría alta; triángulo azul, categoría media; cuadrado, categoría baja.

Los resultados del MDS de las categorías de conservación de SPEC (figura 24) son similares a los del anterior, lo que revela una correlación entre ambos, aunque, al disponer de valores diferentes, éste provoca que menos sectores tengan una categoría superior. A nivel general, se aprecia un mayor agrupamiento de sectores entre sí con características similares: los de la zona más abundante en invierno del tramo sur-suroeste aparecen cercanos en el centro de la nube de puntos para ambos índices. Las de mayor abundancia y categoría de conservación se agrupan con las de categoría media; rodeadas de una nube dispersa que representa a todos los sectores de categoría baja.

No obstante, con respecto a ambos diagramas de ordenación (factor LRAE y SPEC) cabe decir que el “stress” es 0,19, muy cercano al límite recomendado de 0,2 que se considera aceptable en un análisis de escalamiento multidimensional (Clarke, 1993).

Para el análisis de la similaridad de la comunidad estival, se volvió a utilizar los mismos factores de agrupación (banda, cubeta y categorías de conservación).

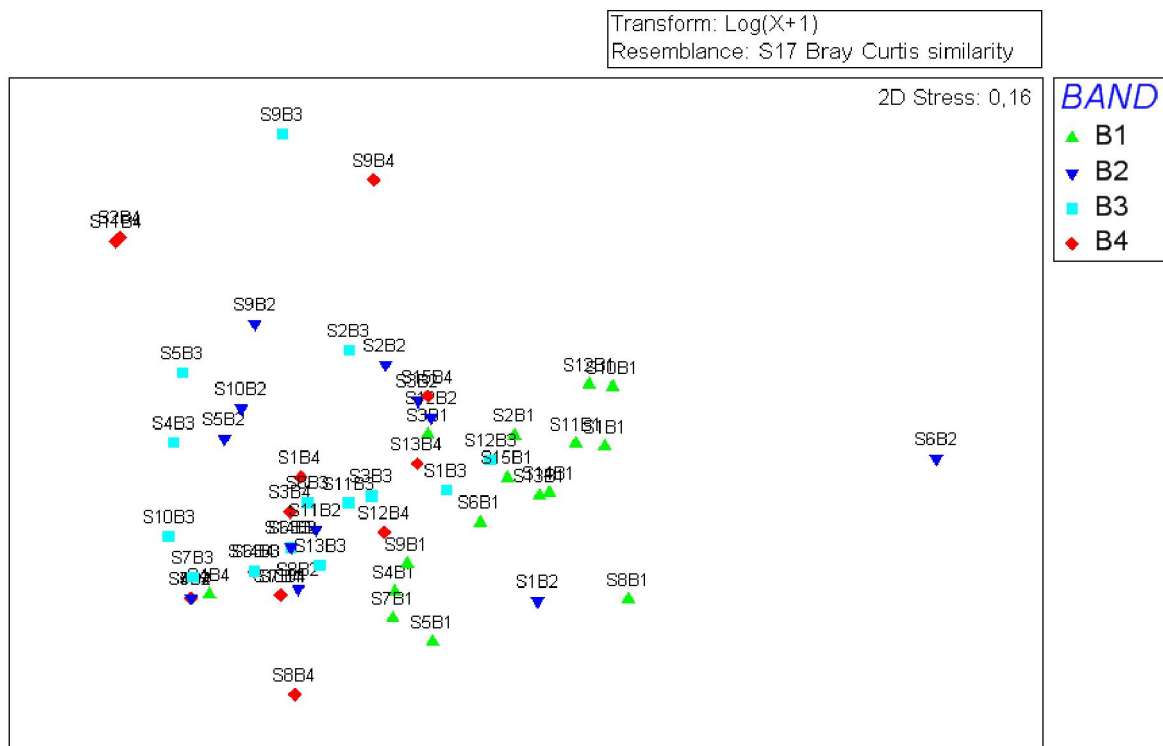


Figura 25, MDS estival factor “banda”: triángulos verdes, banda 1; triángulos azules, banda 1; cuadrados azules, banda 3; rombos rojos, banda 4.

La figura 25 muestra cómo el factor banda establece una separación entre las comunidades de la banda 1 y el resto, debido, como en invierno, a que la composición de especies en esta primera banda es muy dependiente de factores físicos como la profundidad o factores tróficos como la presencia de determinadas fuentes de alimento.

Atendiendo al factor “cubeta, se observa una diferenciación entre cubeta norte, en la parte derecha del diagrama (figura 26) y cubeta sur, a la izquierda. El norte de la cubeta se separa en aquellos sectores con mejores características: es Estacio, la Encañizada y la desembocadura del Albuñón presentan comunidades diferentes debido a sus características naturales o más propicias para especies diferentes a los de los sectores urbanos de los Narejos o de las Salinas de San Pedro.

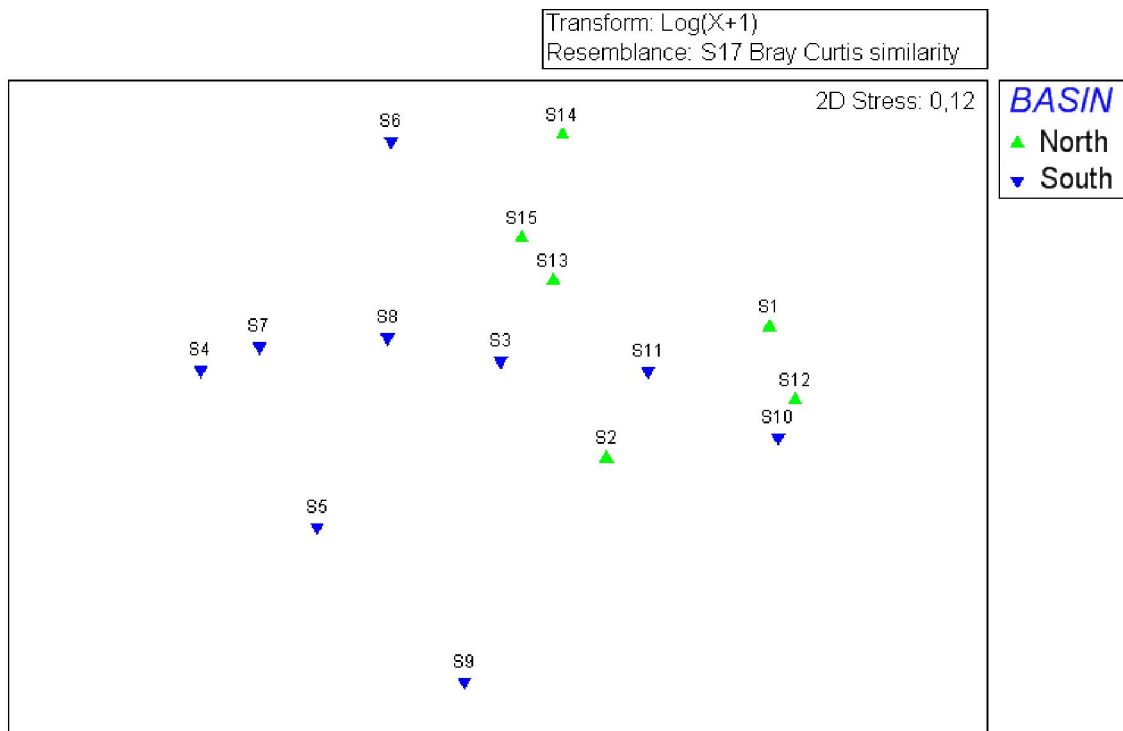


Figura 26, factor “cubeta”: triángulos verdes, cubeta norte; triángulos azules, cubeta sur.

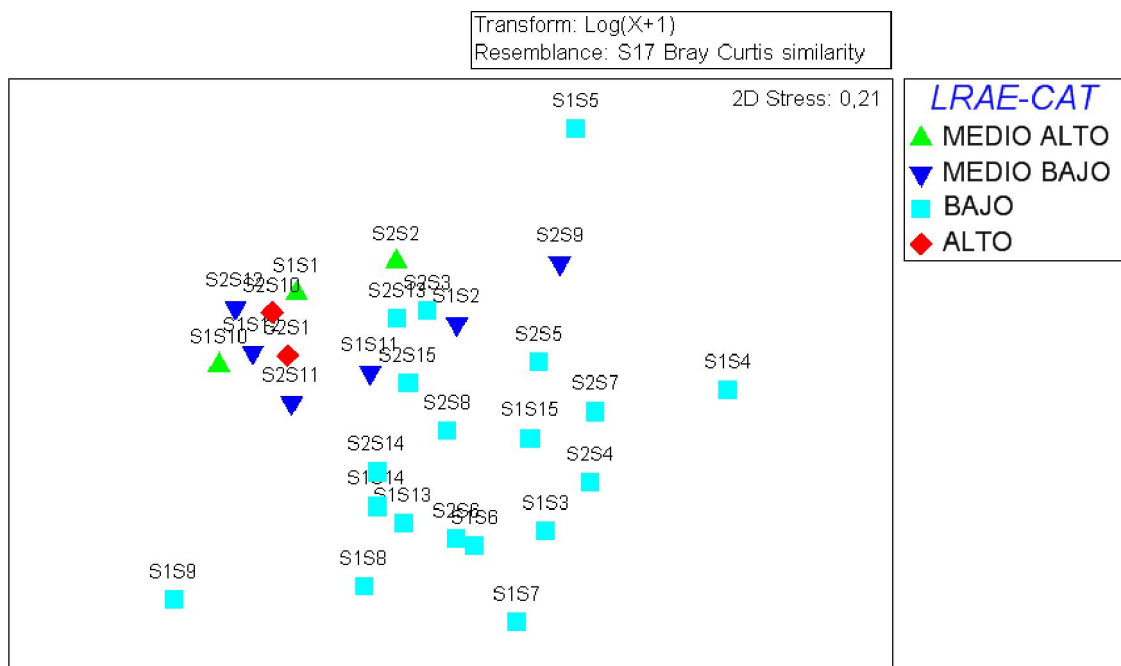


Figura 27, MDS categorías LRAE para verano.

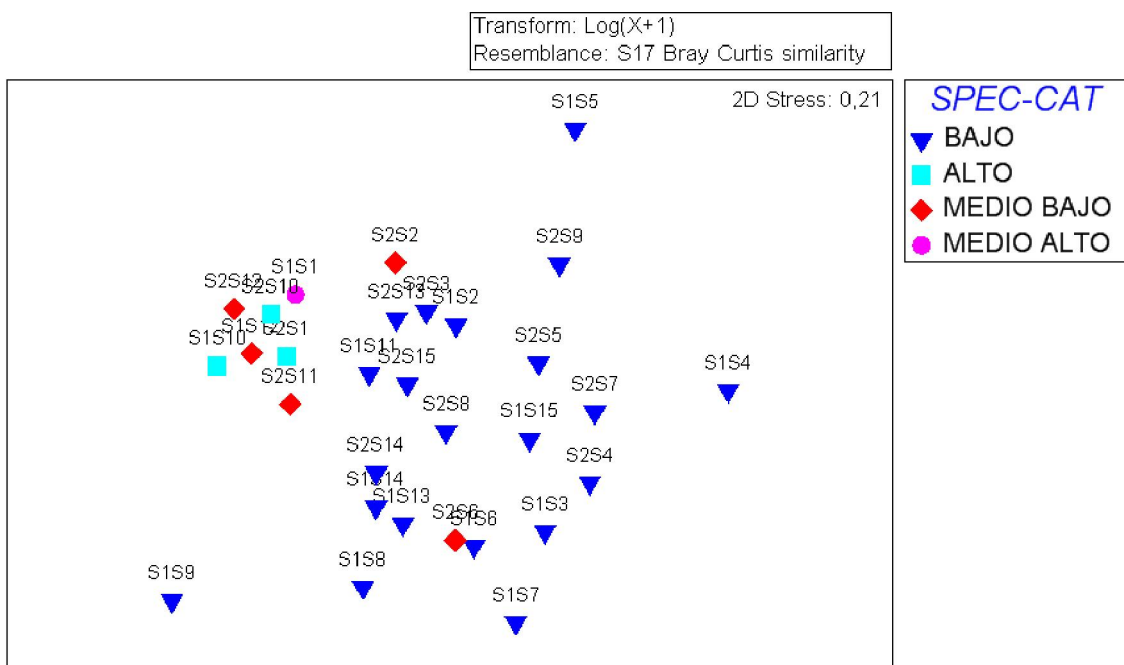


Figura 28, MDS categorías SPEC para verano.

Los sectores con menor categoría de conservación (lado sur de la Isla del Ciervo, Los Nietos e Islas Menores y Marchamalo) se separan del resto hacia los extremos del diagrama, se trata de sectores con mucha perturbación en verano por bañistas, embarcaciones y discotecas; mientras que aquellos sectores con mayor valor (Lo Poyo, Desembocadura del Albuñón y Encañizada vieja) permanecen juntos en el diagrama, agrupándose los sectores más naturales con playas sin bañistas y menor perturbaciones, aunque las categorías de los índices no sean exactamente las mismas (figuras 27 y 28).

Tras los análisis indVal de la comunidad se identificaron determinadas especies significativamente indicadoras ($p < 0,05$) de los grupos de similaridad estudiados en los MDS.

En invierno, con los valores de abundancia de las especies en las cuatro bandas de conteo se identificó a la Focha común, el Charrán patinegro, Gaviota picofina, Garceta común, la Garceta grande y la Garza real como especies indicadoras de la primera banda. La focha es un fitófago que consume vegetación sumergida o emergente y sus nidos se sitúan sobre acumulaciones de ramas hasta la superficie, con lo que su actividad se reduce a los primeros metros de la masa de agua desde la orilla; las garzas y garcetas son vadeadoras y en consecuencia se alimentan en aguas someras. Por otro lado, el Zampullín cuellinegro se erige como especie indicadora de la cuarta banda, que representa zonas de la masa de agua con una cierta profundidad. El Zampullín, al ser un especialista buceador y a pesar de ser principalmente piscívoro, tiene un gran carácter oportunista y generalista (Fjeldsá 2004), y explota de manera eficiente este tipo de hábitat. Las otras dos bandas no obtuvieron especies indicadoras.

Los análisis IndVal (anexo 4) de la comunidad invernante en base a las cubetas tampoco revelaron ninguna especie indicadora, ni de la norte, ni de la sur.

A partir de la agrupación observada en cuanto a las categorías asignadas de los índices de conservación en el MDS se realizó el análisis IndVal y aparecieron especies indicadoras de las categorías alto y medio para el índice SPEC. Para la categoría ALTO, las especies indicadoras fueron la Gaviota de Audouin y el Flamenco común, ave insignia de muchas acciones conservacionistas llevadas a cabo en el Mediterráneo y que

se encuentra en la Encañizada vieja. Este sector tiene un alto valor conservacionista (tablas 2 y 3) con escasas perturbaciones y que alberga una comunidad muy diversa, cuenta con diversos parches de alimento, zonas refugios, posaderos y zonas de nidificación. La Gaviota de Audouin aparece en la playa del Estacio, que pese a estar muy cerca del puerto deportivo de Tomás Maestre, cuenta con una relativa calma a nivel de estrés antrópico por ocupación y/ o densidad urbana. Para la categoría MEDIO el Charrán patinegro es el ave indicadora, la cual se ha visto presente siempre asociada a líneas de marcación marítima de boyas, situadas a poca distancia de la orilla y que constituyen, a priori, el elemento común entre los sectores que presentan la categoría MEDIO. Probablemente exista algún otro elemento común a esas áreas que explique la presencia representativa del Charrán patinegro, no obstante a este nivel de caracterización ambiental de los sectores no ha podido ser detectado.

Con respecto al índice LRAE sólo aparecieron el Charrán común y la Gaviota de Audouin como indicadoras de la máxima categoría de conservación, asignada también a la Encañizada Vieja, Playa Estacio y Saladar de Lo Poyo. Las razones de esta asociación probablemente sean las mismas que las expuestas para el índice SPEC.

En cuanto a los resultados obtenidos de los análisis IndVal de la comunidad estival, se identificaron especies indicadoras de la primera banda: el Charrán patinegro, el Charrán común, el Charrancito común, la Gaviota patiamarilla, la Gaviota reidora, la Garceta común y la Garza real. Con respecto a los charranes, esto puede ser debido a los requerimientos específicos en cuanto a las profundidades máximas que pueden explotar, dado que son especies que cazan en vuelo y realizan ataques tipo “picado”, buceando brevemente y capturando presas de pequeño tamaño (peces, etc.). Este comportamiento particular probablemente les lleve a ser más eficientes cuando se alimentan en zonas someras. Por otro lado, también aprovechan los posaderos cercanos a la orilla, como las líneas de boyas comentadas anteriormente para el invierno. Además, las zonas someras, en muchas ocasiones con presencia de vegetación emergente o sumergida, son aptas para el alevinaje de peces; dado el tamaño de presas que habitualmente consumen los charranes, estas áreas ribereñas de alevinaje son proclives a ser ocupadas por esta especie. Con respecto a las ardeidas, su dependencia de las orillas ya ha sido explicada anteriormente. Finalmente, en relación a los láridos,

el papel indicador de la Gaviota patiamarilla puede deberse principalmente a que, ante la disminución de diversidad en verano y el consecuente abandono temporal de ciertos nichos ecológicos, esta especie ocuparía esos nichos vacíos, dispersándose de forma más homogénea por toda la ribera de la laguna. La representatividad de la Gaviota Reidora puede estar relacionada con su amplio rango de dieta (aunque algo menor que la patiamarilla), lo que también le lleva a poder explotar multitud de nichos vacíos en verano.

Al igual que en invierno, tampoco se obtuvieron especies significativamente indicadoras de las cubetas en verano. Tras estudiar los resultados del MDS de los valores de los índices de conservación en verano, como no se obtuvo una agrupación clara, no se realizó ningún análisis IndVal buscando especies indicadoras de las categorías de los índices.

4. CONCLUSIONES

1. La comunidad de aves acuáticas invernante en las zonas ribereñas del Mar Menor es diferente con respecto a la comunidad estival en cuanto a su abundancia total, riqueza y diversidad. Pero dentro de estas mismas estaciones, se encuentran diferencias espaciales y temporales.
2. En invierno, la diversidad alfa y la riqueza permanecen similares durante los tres años muestreados. Especies asociadas a aguas eutróficas como los podicipédidos o los cormoranes dominan la laguna, junto con especies fitófagas como respuesta a la eutrofización de la laguna. La abundancia total y los valores de del índice de conservación basado en el Libro Rojo de las Aves de España (LRAE) cambian entre inviernos.
3. Los análisis de la varianza y de escalamiento multidimensional (MDS) indican que las cuatro bandas de conteo albergan diferentes agregados de especies determinadas por la porción de masa de agua que explotan y en particular, las que ocupan la primera banda (más cercana a la orilla) son las que mayor similitud muestran entre sí, dados los condicionantes físicos que les afectan. Esta banda cuenta con las aves vadeadoras, como garzas y garcetas, y la focha como especies indicadoras; mientras que el Zampullín cuellinegro es la especie indicadora de la cuarta banda (más alejada de la orilla).
4. La comunidad invernante también muestra variaciones espaciales en su abundancia, con más individuos en la cubeta sur, aunque no aparece ninguna especie indicadora de cualquiera de las dos cubetas. Los sectores más abundantes y diversos de la cubeta sur confluyen alrededor de las desembocaduras de las ramblas, donde se concentra el aporte de nutrientes proveniente de la agricultura (mayor en esta época) y transportados también por las corrientes internas de la laguna. La cubeta norte soporta diversas perturbaciones (puertos deportivos, aeropuerto), pese a lo cual cuenta con especies de alto valor conservacionista relacionados con la presencia de aguas más abiertas y oligotróficas, así como por la cercanía del P.R. Salinas de San Pedro del Pinatar

5. Las especies indicadoras para las zonas con mayor valor del índice LRAE en invierno son la Gaviota de Audouin y el Charrán común; mientras que para el índice SPEC son la gaviota de Audouin y el Flamenco común.
6. La comunidad estival sí muestra cambios de abundancia entre años, al igual que ocurre con su riqueza. En general, el segundo año muestreado presenta valores superiores que el primero. Son los estérnidos los que dominan la laguna durante la estación estival. En esta época la abundancia parece determinada en mayor medida por el carácter natural de los sectores que por las características tróficas de sus aguas.
7. Las aves estivales también se distribuyen en la masa de agua por su morfotipo y la primera banda es la que muestra una comunidad ornitológica más parecida entre los sectores de muestreo, debido a que las especies que la ocupan se ven más afectadas por los condicionantes físicos. Las especies indicadoras de esta banda son todos los estérnidos, de nuevo las vadeadoras y las Gaviotas patiamarilla y reidora. Ninguna otra banda presentó especies indicadoras.
8. Durante la temporada estival, la comunidad presenta apenas diferencias entre el norte y el sur; ni tienen especies indicadoras (tampoco para los índices de conservación). Parece existir una distribución más homogénea de las especies, probablemente relacionada con una intensidad también uniforme de perturbación humana, y con la necesidad de obtener alimento en las zonas apropiadas más cercanas a sus respectivos lugares de reproducción.
9. Los sectores de la Encañizada Vieja y el Saladar de Lo Poyo son los que mayor valor de conservación tienen, para LRAE y para SPEC en ambas estaciones. Estos sectores coinciden en presentar características naturales, apartadas de núcleos urbanos y con especies importantes, tanto en cuanto al riesgo de extinción, como al valor de conservación. Pero estas características no explican la importancia de otros sectores con características diferentes y altos valores de conservación según estos mismos índices. Es posible que dicho valor se explique por otras características no estudiadas, por ejemplo a escala de microhábitat.
10. La gestión de la primera banda litoral en el periodo estival, procurando aliviar y ordenar la presión humana, parece crucial para la conservación de las aves acuáticas, sobre todo en zonas naturales pero también en otras utilizadas por los nidificantes como lugar complementario de alimentación.

5. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis tutores su dedicación en este proyecto. A Paco, gracias por abrirme las puertas de ECOMED hace tres años para empezar a conocer la vida en el campo de la investigación. A Pablo, por su esfuerzo y horas frente al ordenador junto a mí, por hacerme ver que siempre hay que seguir trabajando.

A todos los compañeros del departamento: Víctor, Paqui, Viqui e Isa, por acogerme en el grupo dentro y fuera de la facultad.

A mis compañeros de promoción, gracias por estos cinco años inolvidables que siempre recordaremos con nostalgia y alegría.

Y por último, agradecer a mi familia la ilusión compartida por el medio ambiente, la importancia del tesón y el apoyo incondicional.

6. BIBLIOGRAFÍA

ADAMUS, P.R. 1996. Bioindicators for assessing ecological integrity of pariré wetlands. EPA/600/R-96/082. Corvallis, OR, US. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2004. Birds in Europe. Population Estimates, Trends and Conservation Status. Birdlife Conservation Series, 12, Cambridge.]

CARREÑO, M.F., ESTEVE, M.A.M MARTÍNEZ, J., PALAZÓN, J.A., PARDO, M.T. 2008. Habitat changes in coastal wetlands associated to hydrological changes in the watershed. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77 : 475-483.

CLARKE, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.

CLARKE, K. R., GORLEY, 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

CONESA, H. JIMÉNEZ- CÁRCELES, F. 2007. The Mar Menor lagoon (SE Spain): A singular natural ecosystem threatened by human activities. *Marine Pollution Bulletin* 54 839–849.

DUFRENE, M., P. LEGENDRE, 1997. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.

EVAGELOPOULOS, A., KOUTSOUBAS, D., 2008. Spatial and seasonal variability of the macrobenthic fauna in Mediterranean Solar saltworks ecosystems. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*, 18 (S): S118- S134.

FARINÓS, 2006. Aves acuáticas como bioindicadores en el seguimiento de humedales: Aplicación en el Mar Menor. Proyecto Final de Carrera: Universidad de Murcia.

FARINÓS P. Y ROBLEDANO F, 2010. Structure and Distribution of the Waterbird community in the Mar Menor Coastal lagoon (SE Spain) and relationships with Environmental gradients. *Waterbirds*, 3 (4): 479- 493.

FARINÓS, P., ROBLEDANO, F., BALLESTEROS, G.A Changing ecological values following salt pond restoration in southeastern Spain. (En revisión)

FJELDSÅ, J. 2004. *The Grebes*. Oxford University Press, Oxford, UK.

FULLER R.J. 1982. *Bird Habitats in Britain*. T. & A.D. Poyser, Calton (UK).]

GREEN, A.J., FIGUEROLA, J. 2003. Aves acuáticas como bioindicadores en humedales. Dpto. Biología Aplicada, Estación Biológica de Doñana, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Sevilla.

GREENPEACE, 2007. Photoclima. Imágenes de un futuro afectado por el cambio climático. http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/cambio_climatico/libroclima.pdf

GUERGOLET, O. & PERTHUIDOT, J.P. 1983. Le domaine paralique. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. *Travaux du laboratoire de géologie*, 16 : 1- 136.

HOWELL, D. GONZÁLEZ GARCÍA, R. 2010. la Directiva Marco del Agua y la conservación de los humedales y los espacios de la Red Natura 2000 que dependen del agua. SEO/Birdlife, Madrid.

KUSHLAN J., 1993. Colonial Waterbirds as Bioindicators of Environmental Change. *Colonial Waterbirds*, Vol. 16, No. 2, pp. 223-251.

LILLO M. 2003. Los recursos naturales de la Región de Murcia. Capítulo 8.1. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia, 1ª edición.

LLORET, J., MARÍN-GUIRAO, L., MARÍN, A., VELASCO, J. 2005. Changes in macrophytes distribution in a hypersaline coastal lagoon associated with the development of intensively irrigated agricultura. *Ocean & Coastal Management* 48: 828–842.

MA, Z., GAN, X., CHOI, C., JING, K., TANG, S., CHEN, J, 2007. Wintering bird communities in newly-formed wetland in the Yangtze River estuary. *Ecol.* 22: 115–124.

MADROÑO, A., C. GONZÁLEZ, J. C. ATIENZA, 2004. Libro Rojo de las Aves de España. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/Birdlife. Madrid.

MANCHEÑO, M.A. y ARANA, R. 2003. Los recursos naturales de la Región de Murcia. Capítulo 7.3. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia, 1ª edición.

MARÍN GUIRAO, L., MARÍN, A., LLORET, J., MARTÍNEZ, E., GARCÍA FERNÁNDEZ, J., 2005. Effects of mining wastes on a seagrass ecosystem: metal accumulation and bioavailability, seagrass dynamics and associated community structure. *Marine Environmental Research* 60: 317–337

MARTÍNEZ, J., ESTEVE, M.A., ROBLEDANO, F., PARDO, M.T., CARREÑO, M.F. 2005a. Aquatic birds as bioindicators of trophic changes and ecosystem deterioration in the Mar Menor lagoon (SE Spain). *Hidrobiología.* 550:221–235.

MARTÍNEZ, J., ALONSO, F., CARREÑO, M.F., MIÑANO, J. ESTECE, M.A. 2005b. Report of watershed modelling in Mar Menor site. Ditty project. EC “Energy, Environmente & suitable Development Programme”.

MCCUNE, B., M. J. MEFFORD, 1999. *Multivariate Analysis of Ecological Data.* Versión 4.20. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

MONTES, C., BERNUÉS, M. 1989. Incidencia del flamenco rosa (*Phoenicopterus rubber roseus*) en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos del Parque Nacional de Doñana. Reunión técnica sobre la situación y problemática del flamenco rosa en el Mediterráneo occidental y África noroccidental. Antequera, Málaga.

PAQUET, J. Y., X. VANDEVYVRE, L. DELAHAYE., J. RONDEUX, 2006. Bird assemblages in a mixed Woodland-farmland landscape: The conservation value of silviculture-dependant open areas in plantation forest. *Forest Ecology and Management* 227: 59-70.

PEAKALL, D. & BOYD, H. 1987. Birds as bioindicators of environmental conditions. Chairmen`s introduction. ICBP Technical Production No 6.

PÉREZ DE CERCEVAL, M.A 2003 Los recursos naturales de la Región de Murcia. Capítulo 7.1. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia, 1ª edición.

PÉREZ-RUZAFÁ, MARCOS , PÉREZ-RUZAFÁ , BARCALA , HEGAZI , QUISPE. 2001. Detecting changes resulting from human pressure in a naturally quick-changing and heterogeneous environment: Spatial and temporal scales of variability in coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75, 175-188.

PÉREZ-RUZAFÁ, A. GILABER, J. GUTIÉRREZ J.M., FERNÁNDEZ, A.I, MARCOS, D. SABATH, S. 2002, Evidence of a planktonic food web response to changes in nutrient input dynamics in the Mar Menor coastal Lagoon, Spain. *Hydrobiologia* 475/476: 359–369.

PÉREZ- RUZAFÁ Y MARCOS, 2003. Los recursos naturales de la Región de Murcia. Un análisis interdisciplinar. CAP 4.3.3. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia, 1ª edición.

PÉREZ- RUZAFÁ Y MARCOS, 2003. Los recursos naturales de la Región de Murcia. Un análisis interdisciplinar. CAP 8.5. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia, 1ª edición.

PÉREZ- RUZAFÁ, A- MARCOS DIEGO, C. 2003. La teoría del confinamiento como modelo para explicar la estructura y zonación horizontal de las comunidades bentónicas en las lagunas costeras. *Publicaciones Especiales del Instituto Español de Oceanografía*, 11: 347- 358.

PÉREZ- RUZAFÁ, A. FERNÁNDEZ, A. GILABERT, M. QUISPE, J. GARCÍA CHARTON, J. 2005. Spatial and temporal variations of hydrological conditions, nutrients

and chlorophyll *a* in a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, Spain). *Hydrobiologia* (2005) 550:11–27.

PÉREZ-RUZAFÁ, A., MOMPEÁN, M. C. & MARCOS, C. 2007. Hydrographic, geomorphologic and fish assemblage relationships in coastal lagoons. *Hydrobiologia*, 577: 107-125

PONS, P., LAMBERT, B., RIGOLOT, E., PRODON, R. 2003. The effects of grassland management using fire on habitat occupancy and conservation of birds in a mosaic landscape. *Biodiversity and Conservation* 12: 1843-1860

ROBLEDANO, F. 1998. Mar Menor. En: zonas húmedas españolas incluidas en el Convenio Ramsar. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Pp.: 323-334.

ROBLEDANO F. y GÓMEZ 2003. Los recursos naturales de la Región de Murcia. Capítulo 4.3.3. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia, 1ª edición.

ROBLEDANO, F.; ANADÓN, J.D.; PÉREZ, I; ESTEVE, M.A. 2003 Los recursos naturales de la Región de Murcia. Capítulo 8.2. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia, 1ª edición.

ROBLEDANO, F. FARINÓS, P. 2006. La comunidad de aves del Mar Menor y su papel bioindicador. *Revista Eubacteria*, ISSN 1697-0454, Nº. 18, pags. 15-18

ROBLEDANO, F. FARINÓS, P. 2010. Waterbirds as bioindicador in coastal lagoons: background, potencial value and recent research in Mediterranean areas. In: lagoons: biology, management and environmental impact: Adam G. Friedman. Nova science Publishers, Inc. ISBN: 978-1-6171-738-6.

ROBLEDANO, F., ESTEVE, M.A., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J. & FARINÓS, P. 2011. Determinants of wintering waterbird changes in a Mediterranean coastal lagoon affected by eutrophication. *Ecological Indicators*, 11: 395-406.

RÖNKÄ, M.T., SAARI, C. LEHIKONEN, E. SUOMELA, J., HÄKKILÄ, K. 2005. Environmental changes and population trends of breeding waterfowl in northern Baltic sea. *Annales Zoologici Fennici*, 42: 587- 602.

ROSIQUE, M. J. 2000. Recopilación y análisis de los trabajos existentes sobre el Mar Menor. Documento Técnico Inédito, Centro Oceanográfico de Murcia (IEO), Murcia.

SENENT, M. 2003 Los recursos naturales de la Región de Murcia. Capítulo 4.4. Servicio de publicaciones de la Universidad de Murcia, 1ª edición.

VELASCO, J., LLORET, J., MILLAN, A., MARIN, A., BARAHONA, J., ABELLAN, P. & SANCHEZ-FERNANDEZ, D. 2006. Nutrient and particulate inputs into the Mar Menor lagoon (SE Spain) from an intensive agricultural watershed. *Water, Air, and Soil Pollution*. 176: 37–56