

Medio físico: geología, hidrología e hidroquímica

Las lagunas Dulce de Zorrilla, Salada de Zorrilla y Hondilla integran la Reserva Natural del Complejo Endorreico de Espera. Este Complejo está ubicado en el término municipal de Espera, más concretamente en la sierra de Gibalbín y próxima al límite con la provincia de Sevilla, en lo que se conoce como campiña alta. Es en esta zona donde se registran las mayores precipitaciones asociadas a la mayor altitud existente en la Sierra de Gibalbín (490 metros), en comparación con el resto de los complejos endorreicos de la provincia.

Estas lagunas, que se sitúan a unos 100 metros de altitud, se encuentran al sureste de un núcleo palustre localizado en la provincia de Sevilla, el denominado Complejo Endorreico de Lebrija-Las Cabezas, formado por las lagunas del Charroao, Taraje, Pilón, Peña, Galiana y Cigarrera.

El complejo de Espera se encuentra a unos 5 km al oeste de la localidad de Espera, y aunque existe un camino de acceso que bordea las lagunas Hondilla y Salada de Zorrilla, éste suele quedar impracticable en periodos de intensas precipitaciones.

Se encuentra ubicado en el contacto de las unidades sedimentarias de la cuenca del Guadalquivir con las series externas de las Béticas, litológicamente constituido por materiales margo-yesíferos, calizas y dolomías del Triásico, y margas con areniscas del Oligoceno-Mioceno.

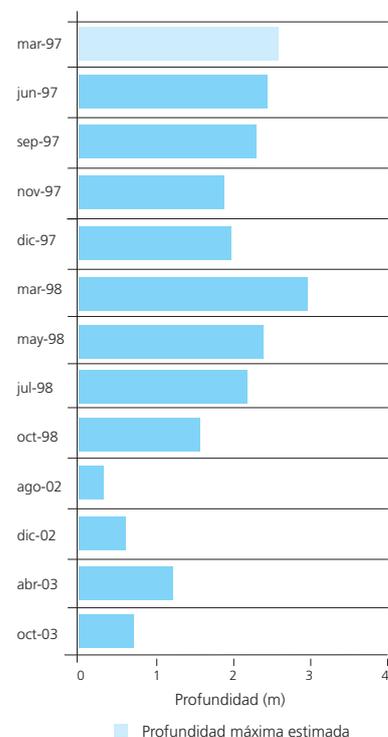
Los materiales del Terciario dan lugar a relieves alomados y sobreelevaciones que ocupan las zonas marginales de las cuencas. Los materiales margo-yesíferos se encuentran en las zonas topográficamente más deprimidas de las cuencas. Las calizas y dolomías constituyen una serie de pequeños afloramientos que descansan sobre los materiales margo-yesíferos. Estos materiales carbonatados presentan un karst moderadamente desarrollado, mientras que en los materiales margo-yesíferos los fenómenos de disolución son de poca entidad y sólo se puede hablar de indicios de karstificación.

Teniendo en cuenta la naturaleza geológica de la zona se puede decir que el comportamiento hidrogeológico de estos materiales es de acuitado para los materiales margosos, y de acuífero para las calizas y dolomías.

El relieve de la zona es suavemente alomado, resultado de la erosión de los materiales margosos. La mayor parte del área de emplazamiento de este Complejo presenta una pendiente suave o moderada. Aisladamente aparecen zonas de fuerte pendiente distribuidas irregularmente por todo el Complejo, mientras que en las zonas más deprimidas aparecen sectores llanos.

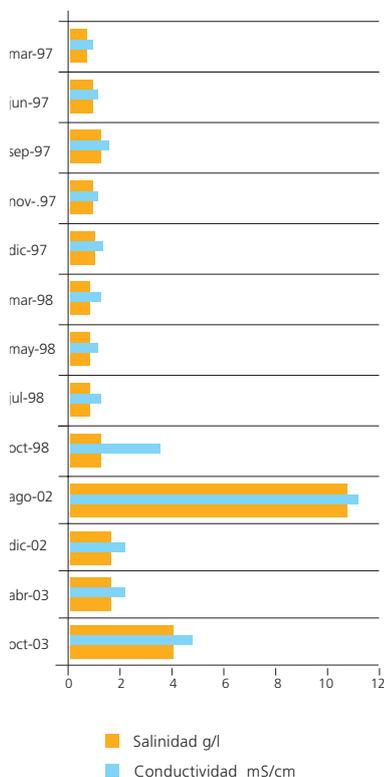
La escorrentía superficial constituye el principal agente geomorfológico responsable del modelado del relieve. La red fluvial está escasamente representada y mal jerarquizada, de forma que no son frecuentes los procesos de reguerrización. Se trata de vertientes en las que existe un predominio de la escorrentía en arroyada difusa frente a la lineal concentrada.

Evolución del nivel del agua en la Laguna Hondilla

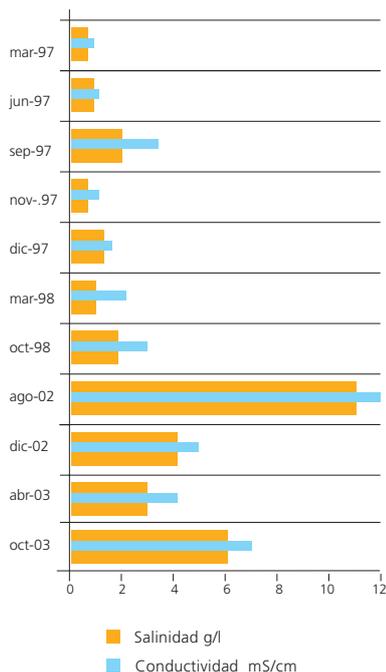


Laguna Hondilla (Verano 2002)

Evolución de la salinidad en la Laguna Hondilla



Evolución de la salinidad en la Laguna Dulce de Zorrilla



Estas lagunas, de drenaje cerrado, tienen una alimentación mixta, es decir, tanto por escorrentía superficial como por aportes subterráneos procedentes de sus cuencas. En la laguna Dulce cabe destacar la existencia de un pequeño afluente, el arroyo Salado, que canaliza parte de la escorrentía superficial de su cuenca vertiente.

La laguna Dulce sigue a la Salada de Zorrilla en extensión, pero es más profunda y de aguas permanentes, aunque experimenta un acusado descenso de nivel durante el estiaje. Presenta una morfología muy irregular, aumentando la profundidad de la cubeta en su sector meridional, de manera que las orillas de pendiente más suave, que quedan emergidas cuando desciende el nivel, se localizan principalmente en el norte. En su cubeta se pueden alcanzar los 2,5 metros de profundidad en años de abundante pluviometría.

La laguna Salada de Zorrilla es la más extensa de las tres lagunas y en ella también se llegan a alcanzar profundidades próximas a los 2 metros. Esta laguna presenta dos franjas de tarajes que cruzan transversalmente la laguna a modo de diques, dividiendo la superficie inundada en tres láminas de agua cuando el nivel de inundación es bajo. Estas barreras vegetales son resultado de las plantaciones realizadas cuando la laguna era utilizada como cazadero de aves para ocultar a los tiradores.

La laguna Hondilla es la más pequeña del complejo, aunque en ella se alcanza una profundidad máxima similar a la que se puede registrar en las otras dos lagunas del complejo.

Respecto a su funcionamiento hidrológico la laguna Salada es la que experimenta las variaciones más acusadas de nivel, ya que presenta una mayor superficie expuesta a la evaporación, y tanto esta laguna como la Hondilla presentan un hidroperíodo temporal, aunque pueden mantener un somero encharcamiento hasta el final del verano e incluso no llegar a secarse por completo si se adelantan las precipitaciones otoñales.

Las variaciones de salinidad se producen en función de la evolución estacional del nivel del agua. De las tres lagunas que forman el complejo, la laguna Salada es la que presenta las aguas más mineralizadas. No obstante, los valores de salinidad obtenidos a lo largo de distintos años de estudio (Consejería de Medio Ambiente, 1998, 2004) han presentado un amplio rango de variación en los ciclos de inundación considerados. Así, en los ciclos en los que estas lagunas presentaron mayores reservas hídricas, como fueron los de 1997-1998, el contenido en sales de sus aguas se mantuvo dentro del rango de concentraciones subsalinas en todos los periodos de estudio.

En la laguna Salada de Zorrilla se registraron contenidos salinos que se situaron entre 1,38 y 3,10 g/l, con un valor medio de salinidad de 2,23 g/l, mientras que en los periodos de estudio más recientes (años 2002-2003) se han registrado variaciones de salinidad comprendidas entre 4 g/l y 25 g/l (concentraciones hiposalinas-mesosalinas), valor este último correspondiente al periodo estival.

Un comportamiento similar es el que presentan las otras dos lagunas del complejo, Hondilla y Dulce de Zorrilla. La laguna Hondilla, la me-

nos mineralizada, presentó, en los ciclos 1997-1998, valores de salinidad comprendidos entre 1,18 y 1,66 g/l. También en los estudios más recientes mostró las más bajas concentraciones iónicas, en torno a 1,5 g/l, si bien en este caso se alcanzaron incrementos notables de su contenido en sales por concentración evaporativa (10,6 g/l) en el periodo estival. Este hecho sugiere que los materiales sobre los que se asienta esta laguna deben ser más resistentes a la disolución que los de las otras dos lagunas.

En la laguna Dulce de Zorrilla se registró una salinidad intermedia entre las dos anteriores en todos los periodos de estudio, con valores comprendidos entre 1,30 y 2,20 g/l en los ciclos más húmedos y con mayores niveles de inundación, y mayores concentraciones salinas en los últimos años de estudio, con valores que se han situado entre 3,18 g/l y 11,16 g/l.

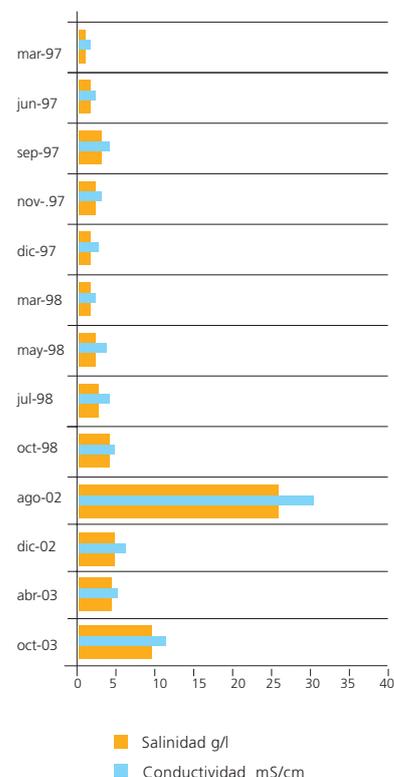
De acuerdo con los datos registrados, las lagunas del complejo de Espera presentan una composición aniónica sulfatado-clorurada, con proporciones iónicas en las que $SO_4 > Cl > HCO_3$. No obstante, el ión bicarbonato suele presentarse en proporciones relativas inferiores al 5% a lo largo del ciclo anual, especialmente en la laguna Salada, aunque puede incrementar su porcentaje (entre el 5% y el 25%), en aquellos periodos estacionales en los que se acentúa la importancia relativa de los aportes superficiales de precipitación y escorrentía en relación con el volumen de agua almacenado en sus cubetas.

La composición catiónica es, sin embargo, mucho más variable entre los tres humedales; así, mientras que en la laguna Salada se mantiene la secuencia $Mg > Na > Ca$ y en la laguna Hondilla la secuencia más común es $Ca > Mg > Na$, en la laguna Dulce aparecen secuencias del tipo $Ca > Mg > Na$ y $Mg > Ca > Na$.

La alcalinidad de las aguas de estas lagunas ha sido muy variable a lo largo de los distintos años de estudio, aunque con frecuencia han presentado valores comprendidos entre 1 y 3 meq/l, mientras que los valores de pH suelen ser ligeramente más altos en la laguna Salada de Zorrilla que en Dulce y Hondilla. No obstante, en todas ellas los valores de pH han oscilado, aproximadamente, entre 7 y 9 unidades.

En relación con la concentración de clorofila *a* se observa un patrón similar entre los distintos ciclos estudiados, correspondiendo las concentraciones más bajas a la laguna Salada de Zorrilla y las más altas a la laguna Hondilla. Cabe señalar, que mientras que en los primeros años de estudio (1997-1998) las máximas concentraciones de este pigmento fueron de 15 mg/m³ en la laguna Salada de Zorrilla y en torno a 20 mg/m³ en las otras dos lagunas, en los estudios más recientes (2002-2003) se llegaron a dar concentraciones máximas de 15,7 mg/m³, 86,7 mg/m³ y 767,6 mg/m³ en las lagunas Salada, Dulce y Hondilla, respectivamente, valores correspondientes al verano de 2002. Junto a estas concentraciones de clorofila se registraron las más altas concentraciones de nitrógeno total y de fósforo total entre las lagunas gaditanas, siendo también de las más elevadas en el contexto de los humedales estudiados en las distintas provincias andaluzas en este periodo estival. Asimismo, destacaron las altas concentraciones de ortofosfato, especialmente elevadas en el caso de la laguna

Evolución de la salinidad de la Laguna Salada de Zorrilla



Laguna Dulce de Zorrilla
(Verano 2002)

Hondilla (1,19 mg P-PO₄³⁻/l). En el siguiente periodo de estudio, otoño de 2002, en el que descendieron considerablemente las concentraciones de ortofosfato en estas láminas de agua, se encontraron altas concentraciones de nitratos, pero de forma muy destacada en las lagunas Dulce de Zorrilla y Hondilla. En esta última se dio una concentración de 35,32 mg N-NO₃⁻/l, el valor máximo registrado para el conjunto de las lagunas andaluzas en los últimos años de estudio (2002-2003), sólo ligeramente superado en la laguna cordobesa de Tíscar en este mismo periodo estacional. No obstante, en los siguientes periodos de estudio (primavera de 2003 y otoño de 2003), las concentraciones de nutrientes en las lagunas de este complejo no fueron relevantes en el contexto de los humedales gaditanos, posiblemente debido al desarrollo vernal de macrófitos acuáticos en el caso de la laguna Hondilla. En este periodo primaveral la laguna Dulce de Zorrilla presentó una concentración muy elevada de amonio, y más concretamente, la máxima registrada entre los humedales gaditanos en los últimos años de estudio (Consejería de Medio Ambiente, 1998, 2004).

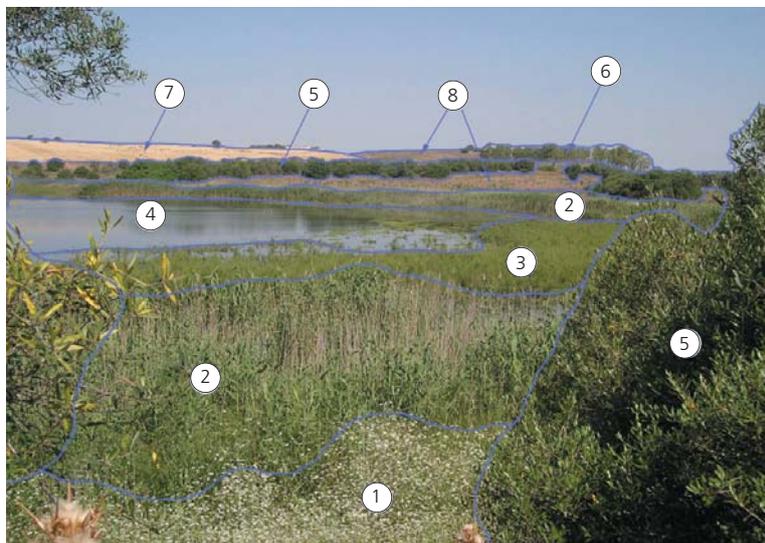
Vegetación

La vegetación que ocupa el entorno de la laguna Dulce de Zorrilla está formada por cultivos herbáceos de secano, zonas de cultivos abandonados con vegetación nitrófila y repoblaciones recientes, y algunas zonas con vegetación natural constituida por acebuchales (*Aro italic-Oleetum sylvestris*) con *Olea europaea* var. *syvestris*, o lentiscales (*Asparago albi-Rhamnetum oleoidis*) con especies como *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera* o *Chamaerops humilis*.

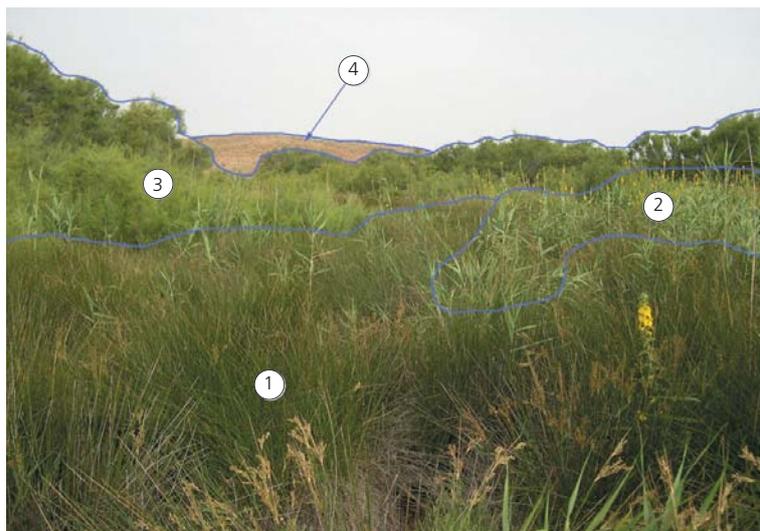
La vegetación propia del humedal está formada por carrizales (*Typho angustifoliae-Phragmitetum australis*), que rodean la laguna y están formados exclusivamente por *Phragmites australis*. Acompañando al carrizal también se reconocen tarajales (*Agrostio stoloniferae-Tamaricetum canariensis*) formados por *Tamarix canariensis* o *T. africana*, presentes sobre todo en los extremos este y oeste de la laguna.

Laguna Dulce de Zorrilla (Cádiz)

- ① Pastizal nitrófilo anual
- ② Carrizal
- ③ Tarajal
- ④ Lámina de Agua
- ⑤ Acebuchal
- ⑥ Plantación de eucaliptos
- ⑦ Cultivo de cereal
- ⑧ Cardal nitrófilo



En el entorno de la laguna Salada de Zorrilla, la vegetación está formada por cultivos de secano, cultivos abandonados con vegetación nitrófila y repoblaciones recientes, y zonas con vegetación natural constituida por acebuchales y lentiscales (*Aro italicici-Oleetum sylvestris*; *Asparago albi-Rhamnetum oleidis*) con especies como *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera* o *Chamaerops humilis*.



Laguna Salada de Zorrilla (Cádiz)

- ① Juncal halófilo de junco marino
- ② Carrizal
- ③ Tarajal
- ④ Cardal nitrófilo

La vegetación del humedal se compone de tarajales (*Agrostio stoloniferae-Tamaricetum canariensis*) formados por *Tamarix canariensis* o *T. africana*, y carrizales de *Phragmites australis* (*Typho angustifoliae-Phragmitetum australis*). Otras formaciones vegetales que pueden reconocerse en la laguna son juncales de *Juncus maritimus* y praderas de *Scirpus maritimus* (*Bolboschoenetum maritimí*), que se localizan en la orilla norte de la laguna.

La vegetación presente en el entorno de la laguna Hondilla está compuesta por zonas de cultivo de secano, algunos cultivos abandonados con repoblaciones recientes y zonas de vegetación natural con acebuchales (*Aro italicici-Oleetum sylvestris*) y lentiscales (*Asparago albi-Rhamnetum oleidis*), en los que pueden reconocerse especies como *Olea europaea* var. *sylvestris*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera* o *Chamaerops humilis*, entre otras.

La vegetación del humedal la constituye un tarajal (*Agrostio stoloniferae-Tamaricetum canariensis*), que se encuentra ocupando gran parte de la orilla oriental y también formando un anillo inundado en el centro de la laguna. Otra formación vegetal que puede ser reconocida en el humedal es un carrizal formado por *Phragmites australis* y *Scirpus lacustris* (*Typho angustifoliae-Phragmitetum australis*). El carrizal se sustituye en zonas de aguas someras por praderas de *Scirpus maritimus* (*Bolboschoenetum maritimí*).

En relación con la vegetación acuática que se desarrolla en estas láminas de agua, puede ser muy variable en composición y estructura en respuesta a la propia variabilidad anual e interanual que experimentan las lagunas en sus niveles de inundación y en sus características físico-químicas. No obstante, en los estudios más recientes (Con-

Laguna Hondilla (Cádiz)

- ① Cardal nitrófilo
- ② Tarajal
- ③ Carrizal
- ④ Lámina de Agua
- ⑤ Cultivo de cereal
- ⑥ Acebuchal



sejería de Medio Ambiente, 2004) se pudo constatar la instalación de macrófitos acuáticos en estas láminas de agua. En la primavera de 2003, la laguna Hondilla se encontraba colonizada por una tupida pradera de *Potamogeton pectinatus*, con poblaciones entremezcladas de *Zannichellia obtusifolia*, aunque mucho menos abundantes. En las zonas de orilla se observaron ejemplares de *Ranunculus peltatus* y densos tapices de carófitos (*Chara connivens*, *Chara fragilis*), con algunas concentraciones aisladas de *Lemna gibba*.

En la laguna Salada de Zorrilla también se observó la colonización del sedimento por formaciones de *Zannichellia obtusifolia* y rodales de carófitos (*Chara* sp.), si bien estas praderas de hidrófitos presentaron una distribución más dispersa y una menor cobertura. En la laguna Dulce de Zorrilla tan sólo se reconocieron formaciones de *Potamogeton pectinatus*.

🕒 Plancton



Anabaenopsis arnoldii

Entre los datos disponibles sobre la composición y estructura de las comunidades planctónicas en estas láminas de agua (Consejería de Medio Ambiente, 2004), hay que destacar los correspondientes a los dos periodos de estudio en los que se registraron las condiciones más contrastadas en relación con la biomasa fitoplanctónica desarrollada en estos sistemas, como fueron el verano y el otoño de 2002, ya que en el siguiente año de estudio (primavera y otoño de 2003) se dieron muy bajas concentraciones de clorofila.

Estos datos permiten describir una comunidad fitoplanctónica estival principalmente constituida por cianobacterias y clorofitas. Sólo en el caso de la laguna Hondilla las cianobacterias constituyeron el 92,47% de la comunidad fitoplanctónica, debido, casi exclusivamente, a la elevada densidad de la especie *Anabaenopsis arnoldii*. Junto a las cianobacterias aparecieron, en muy bajas proporciones, clorofitas, diatomeas y euglenofitas, apenas representadas por unas pocas especies. En este periodo, en la laguna Hondilla se registró una concentración de clorofila *a* de 767mg/m³ y el zooplancton estuvo dominado por rotíferos (*Asplanchna* sp.).

En la laguna Dulce de Zorrilla las cianobacterias se encontraron también en un alto porcentaje (64%), pero en este caso por la importancia numérica de *Synechocystis* sp. Las clorofitas constituyeron el siguiente grupo en importancia cuantitativa del fitoplancton, dominadas por el género *Monoraphidium*. Las mayores densidades correspondieron a las especies *Monoraphidium circinale* y *Monoraphidium tortile*. En la composición del zooplancton destacó cuantitativamente el copépodo *Arctodiaptomus salinus* y, con una densidad muy inferior, el rotífero *Brachionus plicatilis*.

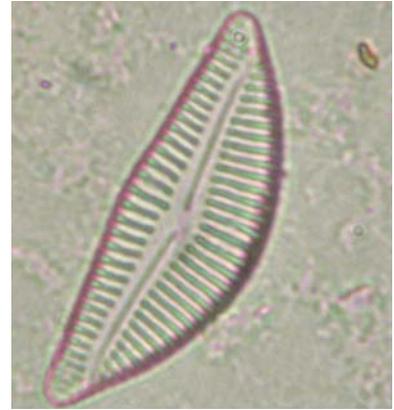
En el caso de la laguna Salada de Zorrilla las clorofitas superaron en porcentaje relativo (61%) a las cianobacterias (39%), aunque al igual que en la laguna Dulce, ambos grupos estuvieron muy pobremente representados. Las clorofitas estuvieron dominadas por la especie *Monoraphidium contortum* y, con menor densidad, por *Monoraphidium circinale*, mientras que entre las cianobacterias fue mayoritaria *Synechocystis* sp. En esta laguna, el zooplancton estuvo casi exclusivamente constituido por el copépodo *Arctodiaptomus salinus*.

En el periodo otoñal, en el que la concentración de clorofila descendió de forma considerable en todas las lagunas hasta contenidos inferiores a 5 mg/m³, también disminuyó la densidad del fitoplancton, con un escaso número de especies.

En la laguna Hondilla, y a diferencia del periodo estival, cianobacterias y clorofitas constituyeron grupos minoritarios frente a las diatomeas (*Navicula* sp., *Nitzschia hungarica*, *Amphora* sp.) y criptofitas (*Rhodomonas minuta*) que se encontraron en proporciones relativas del 63,5% y 26,2%, respectivamente. También a diferencia de la composición estival, el zooplancton mostró mayor riqueza en especies, aunque con el dominio del copépodo *Arctodiaptomus salinus*. Junto a esta especie se identificaron individuos de la especie *Arctodiaptomus wierzejskii* y formas larvianas de copépodos calanoides. Los cladóceros, en muy baja proporción, aparecieron representados por las especies *Daphnia cucullata*, *Daphnia magna* y *Ceriodaphnia* sp.

En la laguna Dulce de Zorrilla se mantuvo el predominio de las cianobacterias sobre las clorofitas, principales grupos constituyentes de la comunidad fitoplanctónica que volvieron a estar representados por las especies *Synechocystis* sp. y *Monoraphidium circinale*. Como en el caso de la laguna Hondilla, se registró una mayor riqueza en especies en el zooplancton que en el periodo estival, con presencia mayoritaria del rotífero *Brachionus plicatilis* (44%). En porcentajes similares, se encontraron copépodos (*Arctodiaptomus salinus*, nauplios) y cladóceros (*Daphnia magna*, *Daphnia cucullata*).

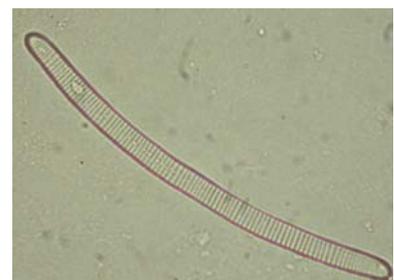
En la laguna Salada de Zorrilla el fitoplancton otoñal presentó un mayor número de especies, si bien se encontraron especies dominantes en los distintos grupos taxonómicos. Las diatomeas representaron el 50,4% de la comunidad, dominando una especie del género *Amphora* y, en menor densidad, distintas especies de los géneros *Navicula* y *Nitzschia* (*N. hungarica*, *N. tryblionella*). El siguiente grupo en importancia cuantitativa fueron las cianobacterias, dominando *Synechocystis* sp. Las clorofitas (17%) tan solo estuvieron representadas por la especie *Monoraphidium circinale*, mientras que las euglenofitas (*Trachelomonas* sp.) fueron claramente minoritarias. En el zooplancton pre-



Cymbella leptoceros



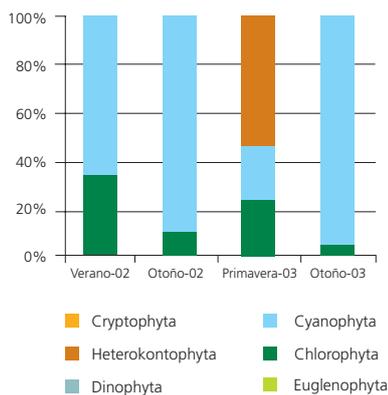
Strombomonas tetraptera



Eunotia lunaris

Abundancia relativa de los grupos taxonómicos del fitoplancton identificados en las Lagunas Hondilla, Dulce de Zorrilla y Salada de Zorrilla

Laguna Dulce de Zorrilla (Cádiz)



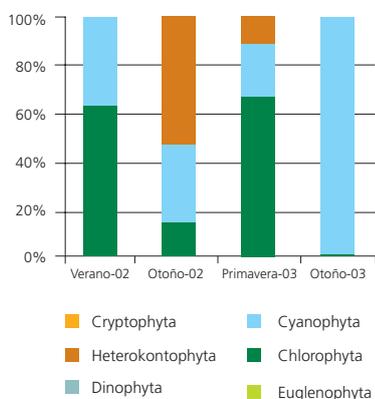
dominaron los copépodos de la especie *Arctodiaptomus salinus* y cladóceros de la especie *Daphnia magna* sobre los rotíferos *Brachionus plicatilis*, *Brachionus quadridentatus* y *Asplanchna* sp.

En los siguientes periodos de estudio, primavera y otoño de 2003, el plancton de estas láminas de agua presentó una mayor riqueza específica, en el fitoplancton vernal. En el zooplancton, además de algunas de las especies ya citadas, aparecieron otros taxones como los branquiópodos *Alona rectangula*, *Chydorus sphaericus*, *Diaphanosoma brachyura*, *Simocephalus vetulus*, *Dunhevedia crassa* y *Macrothrix* sp.; los copépodos *Copidodiaptomus numidicus*, *Cyclops vicinus*, *Acanthocyclops robustus* y *Acanthocyclops kieferi*; y los rotíferos *Cephalodella* sp., *Lecane bulla* y *Testudinella patina*.

Usos del suelo y estado de conservación

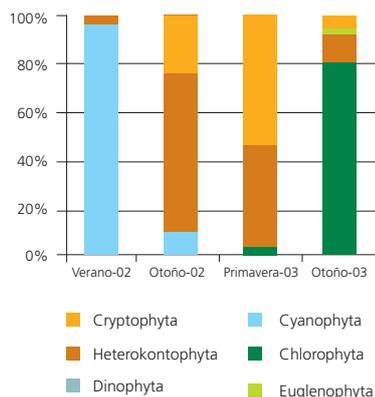
Las lagunas del Complejo de Espera se enmarcan en un medio agrícola fundamentalmente dedicado a cultivos en secano, que se alternan con retazos de monte bajo mediterráneo que ocupan áreas más o menos próximas a los humedales.

Laguna Salada de Zorrilla (Cádiz)



Como es generalizable para la mayoría de los humedales andaluces estudiados, los principales factores de tensión a considerar en estos enclaves palustres son los derivados de las prácticas agrícolas, especialmente en relación con las posibles entradas difusas de productos de origen agrícola. Estas actividades tienen, además, otras consecuencias, como el aumento de la erosión del terreno, puesto que se suplanta la vegetación natural por otro tipo de cobertura vegetal de menor capacidad de retención, u otras acciones como el arado que contribuyen por sí mismas a la erosión, y que pueden acelerar la colmatación de las cubetas de estos humedales. No obstante, tampoco se puede obviar el posible papel de la avifauna que frecuenta este espacio natural en relación con el aporte de nutrientes a las láminas de agua, al igual que en el caso de otros muchos humedales andaluces. Estas lagunas, antes de ser protegidas bajo la figura de Reserva Natural, eran cazaderos de aves acuáticas (a partir de su protección legal la caza se encuentra prohibida), generando la acumulación de balines de plomo en los sedimentos de las lagunas.

Laguna Hondilla (Cádiz)



El acceso de vehículos a las lagunas del interior de la Reserva –Dulce y Salada de Zorrilla– se encuentra impedido por la existencia de una valla en la senda de entrada que parte del camino principal. Sin embargo, la laguna Hondilla se encuentra muy próxima al camino de acceso.

Las lagunas de este complejo se encuentran incluidas entre las doce lagunas de la provincia de Cádiz que fueron declaradas por el Parlamento Andaluz como Reservas Integrales Zoológicas mediante la Ley 2/1987, de 2 de abril (BOJA 31/1987, de 8 de abril; BOE 98/1987, de 24 de abril) pasando a denominarse Reservas Naturales por la Ley 2/1989, de 18 de julio (BOJA nº 60, de 27/07/89). El Plan Rector de las Reservas Naturales de las Lagunas de Cádiz fue aprobado por el Decreto 417/1990, de 26 diciembre (BOJA nº 8 de 01/02/1991).

El Complejo Endorreico de Espera está incluido entre los Lugares de

Importancia Comunitaria propuestos por la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Este Complejo está declarado, además, Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA).





