

# Trabajo Fin de Grado

Estudio de la comunidad planctónica y del estado de conservación de las saladas monegrinas del conjunto endorreico Bujaraloz-Sástago: contextualización en España

Planktonic community and state of conservation study about monegrin saline lakes from Bujaraloz-Sástago endorheic set: contextualization in Spain

Autor

Sara Piazuelo Mombiela

Director

Rocío López Flores

## ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	2
1. Introducción .....	3
1.1. Antecedentes .....	3
1.2. Justificación (motivación).....	5
1.3. Objetivos .....	6
2. Área de estudio .....	7
2.1. Climatología.....	11
2.2. Geología .....	12
2.3. Hidrogeología .....	17
2.4. Flora y fauna.....	18
2.5. Paisaje cambiante .....	19
3. Materiales y metodología .....	20
3.1. Parámetros físico-químicos del agua .....	20
3.2. Fitoplancton .....	24
3.3. Zooplancton .....	25
3.4. Clorofila- <i>a</i> .....	26
3.5. Estado de Conservación de Ecosistemas Leníticos Someros .....	27
3.6. Análisis estadístico .....	28
3.7. Revisión bibliográfica y comparativa de las lagunas peninsulares.....	29
4. Resultados .....	30
4.1. Parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de las saladas de Los Monegros.....	30
4.2. Composición del fitoplancton .....	48
4.3. Relación entre la composición del zooplancton y los parámetros físico-químicos.....	50
4.4. Relaciones entre los parámetros fisicoquímicos y la abundancia de la comunidad planctónica (fitoplancton y zooplancton) .....	51
4.4. Revisión bibliográfica de las lagunas endorreicas españolas .....	52
5. Discusión .....	59
5.1. Las lagunas saladas de Los Monegros .....	59
5.1.1. Parámetros físico-químicos.....	59
5.1.2. Estado trófico y comunidad planctónica.....	60
5.1.3. Estado de conservación.....	62

5.2. Las lagunas saladas de España y su relación con las monegrinas .....	63
5.3. El porqué de la conservación .....	64
6. Conclusiones.....	65
7. Agradecimientos .....	67
8. Bibliografía .....	68
9. Anexos .....	76



## RESUMEN

Los humedales son uno de los ecosistemas más productivos del mundo y cunas de la diversidad biológica que ofrecen innumerables servicios ecosistémicos, por lo que son indispensables en las políticas de conservación. A pesar de esto, varios estudios demuestran la disminución de su superficie y calidad en la mayoría de las regiones del mundo. En este estudio se ha centrado la atención en los humedales salinos de interior, los cuales han sido generalmente menospreciados por no ser terrenos agrícolas rentables. En Europa, la representación de estos ambientes es escasa, ya que suelen estar mayormente representados en áreas desérticas de África, Asia, Australia o América. España es el único país de Europa con este tipo de humedales, concentrados en los focos endorreicos y asentados sobre materiales miocénicos. El desierto de Los Monegros (Aragón, España) contiene uno de los conjuntos más grandes de lagos salinos interiores en Europa, denominado Bujaraloz-Sástago, que constituye un paisaje de gran valor científico y ecológico con un gran número de endemismos. Por eso, el objetivo del presente estudio fue contextualizar en España diez lagunas saladas de este conjunto endorreico mediante sus características ecológicas (variabilidad ambiental y comunidad planctónica), así como conocer su estado de conservación actual mediante el análisis de diferentes parámetros y la aplicación de un índice de conservación. El muestreo de estas lagunas saladas, denominadas “saladas” o “salinas” se llevó a cabo durante el mes de abril del año 2016, cuando se encontraban inundadas. El estudio de los parámetros abióticos y bióticos deja constancia de la gran variabilidad de estos ambientes y las grandes tensiones y perturbaciones a las que deben hacer frente las especies que los colonizan. El estudio del estado de conservación pone de manifiesto el abandono en el que se encuentran y la ausencia de planes de gestión activos, a pesar de que la mayoría de ellas pertenecen a varias figuras de protección, así como el impacto que supondría la puesta en regadío de la zona de la plataforma en la que se encuentran.

Palabras clave: endorreísmo, playa-lake, ECELS, salinidad, conservación, humedales salinos interior, comunidad planctónica.

## ABSTRACT

Wetlands are one of the most productive ecosystems in the world and cradles of biodiversity that offer innumerable ecosystem services and are therefore indispensable in conservation policies. In spite of this, several studies demonstrate the decrease of its surface and quality in the majority of the regions of the world. This study is focused on inland saline lakes which have been undervalued by their low agriculture productivity. In Europe, the representation of these environments is limited, since they are usually represented mostly in desert areas of Africa, Asia, Australia or America. Spain is the only country in Europe with this type of wetland, concentrated in the endorheic set and settled on myocene materials. The desert of Los Monegros (Aragon, Spain) contains one of the largest groups of inland salt lakes in Europe, called Bujaraloz-Sástago, which is a landscape of great scientific and ecological value with a large number of endemisms. Therefore, the objective of the present study was to contextualize ten saline lagoons of this endorheic complex in Spain through its ecological characteristics (environmental variability and planktonic community), as well as to know its current state of conservation through the analysis of different parameters and the application of a conservation index. The sampling of these saline lakes (denominated "saladas" or "salinas") has been developed in spring 2016 (april) when the basins were full. The study of abiotic and biotic parameters shows the great variability of these environments and their dynamic constraints. The study of conservation status shows the abandonment they are in, the absence of active management plans (although most of them belong to several protection figures), and the impact that will be generated by the irrigation in the endorheic set where they are located.

Keywords: endorheism, playa-lake, ECELS, salinity, conservation, inland saline lakes, planktonic community.

## 1. Introducción

La Convención de Ramsar aplica una amplia definición para designar los humedales: “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Ramsar, 2006). En este estudio se revisaron algunos de los humedales salinos de interior presentes en España y más concretamente se estudiaron las lagunas saladas de Bujaraloz-Sástago, comúnmente denominadas saladas o salinas.

### 1.1. Antecedentes

Los humedales salinos se forman por la conjunción de diversos factores (Balsa *et al.*, 1991, Alcorlo, 1999):

- Climáticos. Suelen encontrarse en ambientes xéricos donde la pluviosidad es escasa y las temperaturas son extremas, aunque esto no significa que únicamente se encuentren en estos ambientes, ya que también pueden aparecer en zonas donde las temperaturas son extremadamente bajas (Antártida, Altiplano andino, Tibet)
- Topográficos. Un relieve suave y con tendencia a la horizontalidad es un lugar propicio para la formación de estos lagos, ya que existe escasa escorrentía superficial y por tanto, se favorece el establecimiento (permanente o intermitente) de las aguas en cubetas generalmente poco profundas.
- Geológicos. A menudo aparecen en núcleos formados por materiales sedimentarios de origen continental o marino (afloramientos de rocas evaporíticas de diversas procedencias), y por materiales más o menos permeables que favorecen la infiltración y movimiento del agua.
- Hidrológicos. Mayormente se ubican en zonas endorreicas o arreicas donde la evaporación supera a la precipitación, así como en lugares donde la red fluvial está poco jerarquizada y la zona saturada de aguas subterráneas se encuentra muy próxima a la superficie del terreno.

A escala mundial, los humedales salinos litorales son más conocidos y estudiados que los humedales salinos de interior, los cuales han sido habitualmente menospreciados por no ser terrenos rentables para el aprovechamiento agrícola. Sin embargo, en los últimos años se les ha prestado mayor consideración por la biodiversidad que atesoran (Conesa *et al.*, 2011).

Los lagos salinos más llamativos por su tamaño son las sebkhas, chotts y playa-lakes de desiertos de África, Estados Unidos y Australia (Conesa *et al.*, 2011), mientras que en Europa su representación es muy escasa (Castañeda, 2004). Las shekhas y chotts suelen asociarse con lagunas litorales, marismas salinas costeras o depresiones tipo playa de descarga, mientras que el término playa es usado para referirse a depresiones de fondo muy plano que actúan como sumideros de la escorrentía superficial o subterránea en zonas endorreicas (González, 1992).

España es el país que alberga la mayor concentración de humedales salinos continentales en el contexto europeo occidental (Montes y Martino, 1987), frecuentemente diseminados en áreas endorreicas (Conesa *et al.*, 2011) y mayormente representados en las depresiones del Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir y Ebro (Alonso, 1998).

Los humedales salados más típicos de la cuenca del Ebro son las lagunas y charcas esteparias temporales y se distribuyen en dos conjuntos: uno en la Rioja y otro en la región de Bujaraloz-Chiprana-Alcañiz (Monegros) (Alonso, 1998).

En la depresión del Júcar-Segura, estos ambientes se enclavan principalmente en las llanuras de la provincia de Albacete, sobre margas miocénicas, como la salada de Pétrola, Salobralejo y Saladar (López *et al.*, 2004).

Las lagunas saladas ocupan extensiones considerables dentro de la cuenca del Guadiana y son, normalmente, temporales (Alonso, 1998). El núcleo más importante es el de la Mancha. La mayoría de lagunas se encuentran sobre materiales miocénicos más o menos salinos y son fuertemente mineralizadas o saladas (Margalef, 1983)

En la depresión del Guadalquivir aparecen varios núcleos de lagunas estepareas fuertemente mineralizadas y saladas: uno en las cercanías de Puentegeñil-Benamejé (Córdoba), otro en las de Fuentedepiedra (Málaga), un tercero en Utrera (Sevilla) y, finalmente, otro en Espera (Cádiz), (Alonso *et al.*, 2015).

La Cuenca del Tajo se caracteriza por la escasa presencia de sistemas salinos, los cuales se limitan a zonas de descarga que dan lugar a suelos húmedos sin lámina libre de agua (criptohumedales) cuya vegetación halófila es muy característica. Se localizan principalmente entre Toledo, Madrid y Guadalajara (Alonso, 1998).

Las saladas estepareas, someras, temporales y de mineralización variable de la cuenca del Duero se sitúan en las regiones bajas, donde el relieve del sustrato impermeable de arcillas permite el embalsamiento de las aguas de escorrentía y la mayoría de ellas son endorreicas (Alonso, 1998). Se pueden destacar las saladas zamoranas de Villafáfila y las pertenecientes al complejo de Coca-Olmedo (como Bodón Blanco), (Velasco *et al.*, 2004)

Todos estos humedales poseen un carácter fluctuante y extremo, y un funcionamiento que difiere de los de zonas húmedas de inundación regular (Conesa *et al.*, 2011), por lo que su interés ecológico es extraordinario, ya que se trata de sistemas con gran capacidad biogénica y muy dinámicos, que imponen a las especies adaptaciones muy particulares (Alonso, 1998), y por tanto, tienen asociados a ellos una biota y flora altamente especializadas. (Alcorlo, 1999).

Sin embargo, como sucede con sus congéneres del resto del mundo, las lagunas salinas españolas se están degradando y perdiendo su estado de conservación, consecuencia de la progresiva degradación antrópica que sufren (Montes y Martino, 1987).

Antiguamente eran valoradas económicamente por su uso tradicional como explotaciones de sal (salinas) pero hoy en día son drenadas, roturadas y sufren múltiples alteraciones: se usan como escombreras, sufren un descenso del nivel freático por la sobreexplotación de algunos acuíferos, se dulcifican para transformarlas en lugares de interés para la avifauna acuática o áreas de uso recreativo (Montes y Martino 1987, Florín 1994).



## 1.2. Justificación (motivación)

A pesar de todos los beneficios que aportan los humedales, la superficie de éstos sigue disminuyendo en la mayoría de regiones del mundo (Britton and Crivelli, 1993).

En España, país con la mayor diversidad de humedales de Europa, en los últimos 200 años se ha perdido más del 60% de la superficie ocupada por humedales naturales. Esto implica la pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos y la cancelación de funciones hidrológicas (Casado y Montes, 1995).

Como en otras partes del mundo, Los Monegros han sufrido y sufren transformaciones ambientales de origen antrópico que incorporan y aceleran el transporte de elementos químicos y alteran los flujos de agua, además de intensificar la degradación del suelo y la vegetación (Comín, 1999). Ya lo decían así los profesores J. Braun-Blanquet y Bolòs en su famosa obra de 1957 (Braun-Blanquet y Bolòs, 1957): *no podemos cesar de insistir acerca de la nefasta acción del hombre, que amenaza llegar a la destrucción total, en gran escala, del medio biológico natural.*

Los Monegros tienen la particularidad de ser una zona aislada de la influencia de los vientos húmedos procedentes del mar debido a sus barreras orogénicas: los Pirineos, las sierras litorales e interiores catalanas y el sistema Ibérico. Por ello, posee un clima árido con escasa pluviosidad (Bolòs, 1999). La escasez de precipitaciones, la ausencia total de una red fluvial y la existencia de aguas subterráneas salinas, hicieron necesario ya años atrás el desarrollo de estructuras para la recogida y abastecimiento de agua potable (balsas). Hoy en día, la población espera y reivindica la realización de planes de riego rentables que sacarían la producción agrícola anual adelante. No se piensa que el riego pueda perjudicar las saladas sino todo lo contrario (Balsa *et al.*, 1991), ya que en la cultura popular se asocian aquellos paisajes desérticos a una escasa o nula biodiversidad que no merecen ser conservados, en contraposición a los densos y diversos bosques.

Sin embargo, cabe destacar el valor de las saladas monegrinas, ya que constituyen una de las escasas muestras de humedales de medios áridos en Europa debido a la convivencia que existe entre las escasas precipitaciones y las extremas oscilaciones de temperatura, tipología de hábitat que suele estar mayormente representado en áreas desérticas de África, Asia, Australia o las Américas (Conesa *et al.*, 2011). Según el Convenio Ramsar, es el conjunto de lagunas endorreicas, temporales y salinas, más extenso e importante de Europa, siendo único por sus peculiaridades geomorfológicas, geoquímicas, hidrológicas, ecológicas y paisajísticas en el contexto de Europa occidental (Ramsar, 2012). Existen otras saladas en la geografía de la España árida en general, las cuales se distribuyen solas o en grupos, aunque en muchas ocasiones su origen no es el mismo que el de las monegrinas. (Pedrocchi *et al.*, 1998).

En Los Monegros el paisaje es muy heterogéneo (arroyos temporales, barrancos, sierras de pinares, carrascales, coscojales, lagunas endorreicas, riberas...) de valor cultural y ambiental comparable a las estepas asiáticas y eurosiberianas, del altiplano andino, del Rift africano, de las praderas de Norteamérica y de las grandes depresiones australianas. Este paisaje es el resultado de millones de años de evolución que han dado lugar a muy peculiares adaptaciones a las condiciones ambientales actuales (Comín, 1999).

Actualmente, la principal amenaza para la conservación de las saladas de Bujaraloz-Sástago es la transformación en regadío de la plataforma endorreica en la que se encuentran. Si bien es cierto que en su degradación influyen otros factores, tales como: el abandono y deterioro de las cubetas (acúmulos de piedras, contaminación, laboreo excesivo); la falta de información y divulgación de sus valores sobre la población, que conlleva al descrédito social; la ausencia de un plan de gestión aprobado, que sea eficiente y acorde a las figuras de protección existentes (humedal RAMSAR, Lugar de Importancia Comunitaria y Zona de Especial Protección para las Aves), ya que desde 2006 se espera que sea aprobado el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Zonas Esteparias de Monegros Sur (sector occidental).

Es por ello que en el presente Trabajo final de Grado se pretende revisar y actualizar el conocimiento de estos paisajes tan singulares, concretamente de las lagunas endorreicas del complejo Bujaraloz- Sástago.

### **1.3. Objetivos**

Contextualizar en España las saladas monegrinas mediante sus características ecológicas (variabilidad ambiental y comunidad planctónica), así como conocer su estado de conservación actual mediante el análisis de diferentes parámetros y la aplicación de un índice de conservación. Para ello, se han llevado a cabo diferentes objetivos específicos:

1. Revisión de la bibliografía sobre las lagunas endorreicas españolas con características similares a las estudiadas (geología, salinidad).
2. Determinación de variables abióticas de diez lagunas saladas representativas del complejo Bujaraloz- Sástago.
3. Determinación de la composición taxonómica y cuantificación de la abundancia y la diversidad de la comunidad planctónica de diez lagunas saladas representativas del complejo Bujaraloz- Sástago.
4. Establecimiento del estado de conservación de dichas saladas mediante el índice ECELS.

## 2. Área de estudio

En este proyecto se estudiaron diez lagunas saladas del complejo endorreico Bujaraloz-Sástago, cuya información se detalla a continuación en la tabla 1. Dos de ellas pertenecen al término municipal de Bujaraloz (comarca de Los Monegros), y las ocho restantes a Sástago (Ribera Baja del Ebro), ambos pertenecientes a la provincia de Zaragoza. El complejo también incluye el municipio monegrino de Peñalba (Huesca), aunque la representación de saladas es mucho más escasa (Figura 2).

Tabla 1. Coordenadas, término municipal y tipología de las diez saladas estudiadas en el proyecto

Nombre	Coordenadas UTM	Término municipal	Tipo
Rebollón	30TYL2554384448	Sástago	Playa-lake
Rollico	30TYL2615185874	Sástago	Playa-lake
Camarón	30TYL2702587484	Sástago	Playa-lake
Pez	30TYL2912484604	Sástago	Playa-lake
La Muerte	30TYL2904187130	Sástago	Playa-lake
Piñol	30TYL2944287974	Sástago	Playa-lake
La Playa	30TYL3506989427	Sástago	Playa-lake
Pueyo	30TYL3645088612	Sástago	Playa-lake
Salineta	30TYL3721396429	Bujaraloz	Playa-lake
Salobral	30TYL3865498426	Bujaraloz	Clota

A pesar de ser comarcas diferentes, lo que se ha venido denominando desde hace tiempo como Los Monegros corresponde a una zona natural con características físicas, biológicas y culturales determinadas, y no a una región con límites administrativos definidos, por lo que su delimitación es variable según autores (Pedrocchi *et al.*, 1998). Por ello, en este proyecto, se ha considerado como Los Monegros la zona delimitada por Pedrocchi *et al.*, en 1998 en el libro “*Ecología de Los Monegros*”, elaborada a partir de los resultados de las encuestas realizadas a la población según el criterio *¿Es usted monegrino?* Según los mismos, Los Monegros están limitados por el río Gállego al oeste, por el Ebro al sur, el río Cinca al este y, al norte, por las tierras de El Tormillo, Huerto, Tramaced, Sangarrén y Tardienta (Figura 1).

Como se puede ver en la tabla 1, pueden diferenciarse dos tipos de saladas, las playa-lake y clotas, aunque esta última únicamente queda representada por Salobral. Playa-lake es una laguna seca que se inunda temporalmente con agua somera y que tiene un fondo muy plano o playa, mientras que la clota se usa para designar un humedal sin lámina de agua o criptohumedal (González, 1992).



Figura 1. Delimitación geográfica de Los Monegros según las encuestas a la población realizadas por Pedrocchi *et al.*, 1998

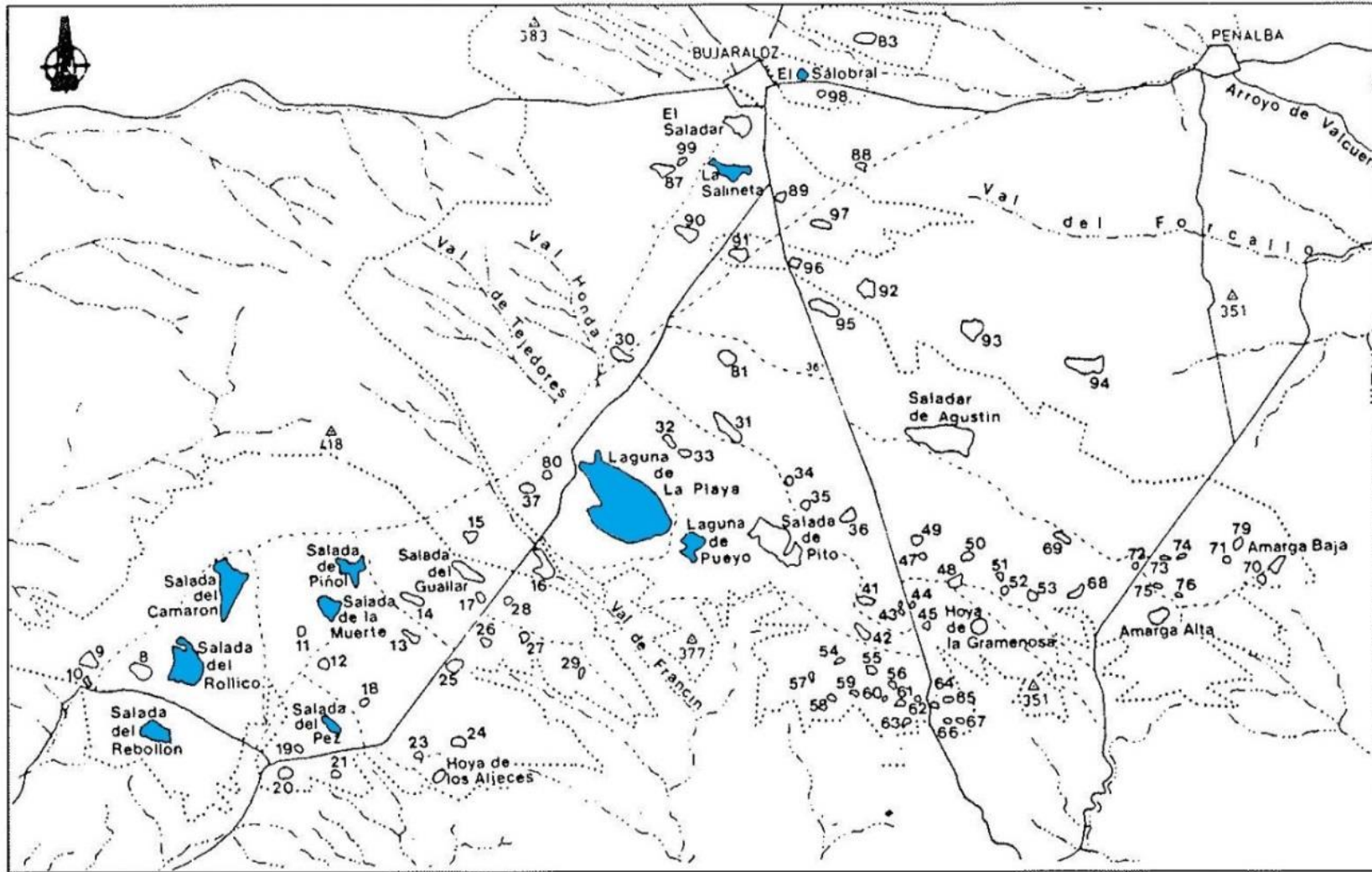


Figura 2: Saladas de la plataforma endorreica que han sido estudiadas en este proyecto, en azul (modificado de Balsa *et al.*, 1991).

El complejo endorreico en cuestión está limitado al Este por el valle del Arroyo de La Valcuerna (afluente del río Ebro), al Oeste por los yesos de la formación Zaragoza (contacto con la Retuerta) y al Sur por el escarpe del valle del Ebro. Al norte el límite está definido de una forma menos clara, aunque frecuentemente se hace coincidir con la traza de la carretera N-II (Figura 3) (Samper *et al.*, 1994).

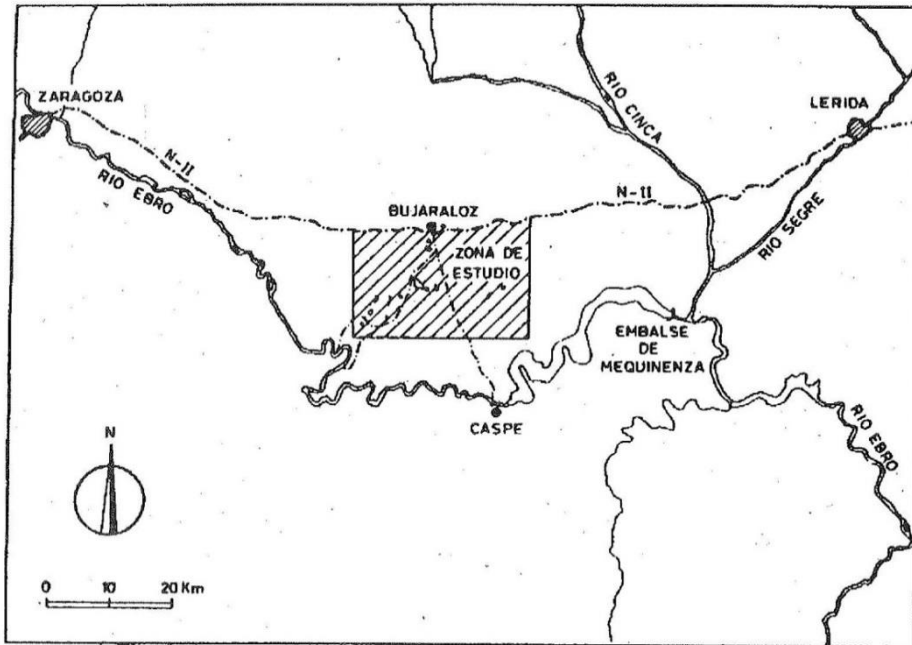


Figura 3: localización de la zona endorreica Bujaraloz- Sástago.  
Fuente: Samper *et al.*, (1994)

Dentro de la Cuenca del Ebro existen numerosas zonas con carácter endorreico, aunque ninguna de ellas posee tantas depresiones como el foco de Bujaraloz- Sástago (García-Vera, 1996). Según Balsa *et al.*, (1991), existen un total de 99 depresiones, sin embargo, el inventario llevado a cabo por Conesa *et al.* entre 2004 y 2007 pone de manifiesto un número más elevado, llegando a 149 saladas en menos de 300 km<sup>2</sup>, que aparecen diseminadas sobre una plataforma estructural de menos de 400 m de altitud media.

## 2.1. Climatología

Las lagunas de Bujaraloz- Sástago se enmarcan en una de las regiones más áridas de la Península Ibérica, el sector central de la Depresión del Ebro (Martí, 1994). Las condiciones térmicas de Los Monegros son las típicas de un clima mediterráneo templado con marcado carácter continental (García-Vera, 1996), con fuertes contrastes diarios y estacionales (Alcorlo, 1999).

El clima de Los Monegros se caracteriza por tres rasgos principales:

1. La escasez e irregularidad de las precipitaciones.

Al ser la cuenca del Ebro una zona deprimida y aislada de los efectos de los vientos procedentes de los mares próximos debido a la presencia de tres cordilleras a su alrededor (Pirineos, Ibérica y Costero-Catalanas), se produce sobre ella el denominado efecto Foehn. En este efecto, el aire húmedo procedente de la costa se enfría al ascender la orografía, condensándose la humedad que lleva y produciendo precipitaciones. Cuando el aire vuelve a descender por la ladera opuesta, se calienta y se convierte en desecante, con escasa humedad relativa, contribuyendo al clima árido y por tanto, a la escasez de precipitaciones y a una fuerte evaporación (Pedrocchi *et al.*, 1998).

El déficit hídrico no se limita al verano sino que se extiende a una gran parte del año (Bolòs 1987). Los valores anuales quedan por encima de los 350 mm, aunque en la Sierra de Alcubierre se registran valores ligeramente superiores a los 400 mm, pero estos datos son muy variables según los años (Pedrocchi, 2000), ya que existe una elevada irregularidad tanto interanual como estacional de las precipitaciones. Las lluvias se producen principalmente en primavera, en los meses de abril, mayo y junio, y en otoño, durante los meses de octubre y noviembre (García-Vera, 1996).

En este punto, es imprescindible considerar el efecto que tienen las nieblas en el aporte de humedad durante el periodo invernal. Estas nieblas aparecen en los fondos de valle cuando se produce la inversión térmica en la zona, propiciada por condiciones de estabilidad atmosférica y debidas a dos razones: cuando el aire entra en contacto con el suelo y se enfría da lugar a lo que se denomina nieblas de irradiación, ó cuando las nubes cargadas de humedad procedentes de las montañas colindantes se estancan en el fondo de la depresión debido a su elevada densidad. En ambos casos, se producen potentes inversiones térmicas que provocan densas y persistentes nieblas de escaso espesor (Pedrocchi, 2000).

2. Un régimen térmico extremo

El carácter continental del clima de Los Monegros se manifiesta en un invierno y verano de larga duración, que contrasta con una primavera y otoño mucho más cortos (Pedrocchi *et al.*, 1998). Además, existe un fuerte contraste de temperaturas entre los meses invernales y de verano. Por ejemplo, en el año 2009 se registraron en Bujaraloz oscilaciones de temperatura que van desde los 0°C en enero hasta los 32,1°C en julio. La temperatura media de las máximas para ese mismo año es de 19,7°C y la de las mínimas 7,7°C, lo que supone una oscilación media anual de 12°C (datos consultados en la página del Gobierno de Aragón).

Estas oscilaciones térmicas son muy acusadas y definen el clima de esta zona como de gran continentalidad (Pedrocchi, 2000). Las altas temperaturas estivales provocan elevadas pérdidas de agua por evapotranspiración y las bajas temperaturas invernales provocan con frecuencia heladas.

### 3. Una fuerte insolación y viento

La presencia de fríos vientos de componente NW, intensos y frecuentes (cierzo) combinados con los vientos del SE, más cálidos y ocasionales (bochorno) contribuyen a la semiaridez de la comarca (Alcorlo, 1999). La persistente acción evaporante del cierzo es capaz de reducir la humedad relativa a valores muy pequeños. Su velocidad anual es de 16 km/h en Zaragoza, aunque es un viento muy racheado y puede alcanzar velocidades superiores a los 100 km/h (Pedrocchi, 2000). El viento además, es un potente agente erosivo y las elevadas velocidades del viento que se registran en la zona permiten confirmar su importancia en el transporte de sales en la época de secación de las lagunas. (García-Vera, 1996)

## 2.2. Geología

El origen de la depresión del Ebro está enmarcado dentro de la Orogenia Alpina (finales del Cretácico hasta el Mioceno), durante la cual se formaron las principales cadenas montañosas del Sur de Europa y Asia. En la Península Ibérica se elevaron, entre otras, las cordilleras Costero-Catalanas, los Pirineos y el Sistema Ibérico para formar una cuenca endorreica. Grandes abanicos aluviales procedentes de estas tres cadenas montañosas descargaban sus aguas en un gran lago salino que ocupaba la posición central de la cuenca. La salinidad del lago tenía su origen en el lavado de las evaporitas triásicas aflorantes en las cadenas montañosas periféricas y en una alta tasa de evaporación. Estratigráficamente, este ambiente dio lugar a una secuencia sedimentaria caracterizada por conglomerados y areniscas en los ápices de los abanicos (al pie de las cadenas montañosas), lutitas en las partes distales de los mismos y una potente serie de evaporitas en la zona más deprimida de la cuenca ocupada por el lago (Ortí *et al.*, 1989).

La distribución espacial y temporal de las evaporitas es congruente con procesos sucesivos de evaporación y precipitación de sales en un clima árido. Estos procesos dan lugar a lo que se denomina como orlas de precipitación salina. En primer lugar precipitan los carbonatos en las zonas periféricas, luego la anhidrita y el yeso en las zonas medias, seguido de la glauberita y por último la halita en las zonas centrales del lago (Valero-Garcés, 2004).

Este periodo de precipitación y evaporación cesa cuando el río Ebro consigue atravesar la cordillera Costero-Catalana y capturar la Depresión del Ebro en un proceso denominado erosión remontante. A partir de ese momento, que se estima sucedió entre los 13 y 8,5 millones de años, según las modelizaciones llevadas a cabo por García-Castellanos *et al.*, (2003), el lago salino comienza a verter sus aguas al mar Mediterráneo. Durante este periodo el Ebro ha sido capaz de excavar un valle ancho de más de 600 m de profundidad en los depósitos evaporíticos y detríticos.



Dicha incisión está registrada por la existencia de extensas plataformas carbonatadas miocenas (Muela de Castejón, Sierra de Alcubierre, La Plana y La Muela), que constituyen los sedimentos lacustres preservados más recientes depositados en condiciones endorreicas (Ortí *et al.*, 1989, Torrecusa y Klimowitz, 1990).

Esta erosión constante y prolongada en el tiempo ha segmentado la Depresión del Ebro en una serie de dominios estratigráficos. Entre ellos destaca la Zona Endorreica de Bujaraloz-Sástago que se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro (Figura 4). Esta región geológica está formada por depósitos detríticos y lacustres del Terciario (Oligoceno superior-Mioceno inferior) recubiertos por sedimentos cuaternarios coluviales, aluviales y eólicos, que rellenan los fondos de valle, barrancos, los fondos de las depresiones y las saladas (Salvany *et al.*, 1996).

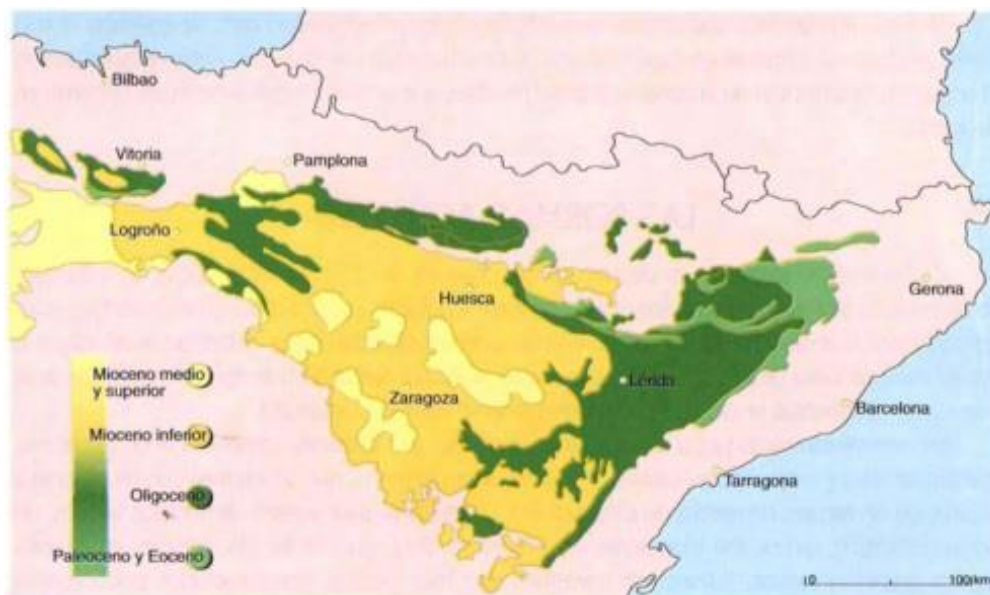


Figura 4. Situación geológica de la cuenca del Ebro y colindantes. Fuente: O. Riba 1983 y modificado por Pedrocchi *et al.*, 1998.

En el estudio geológico pionero de Quirantes en 1978, se diferencian dos litofacies en la Zona Endorreica de Bujaraloz-Sástago en disposición subhorizontal (Pedrocchi, 2000): las litofacies evaporíticas, que constituyen los Yesos de la Retuerta (yesos y margas de la Formación Zaragoza) y las litofacies carbonatadas, que constituyen el Miembro Bujaraloz (Formación Alcubierre). Este Miembro, de poco espesor, se extiende al norte y sur de Bujaraloz y está formado por un conjunto de calizas poco potentes, alternando con yesos, margas y limos, además de algunas arenitas yesíferas. García-Vera (García-Vera, 1996) añade otro tipo de facies, las terrígenas, compuestas por depósitos detríticos de grano fino (lutitas y areniscas), y cuya génesis corresponde a depósitos distales de abanico aluvial adyacentes a los lagos (Figura 5).

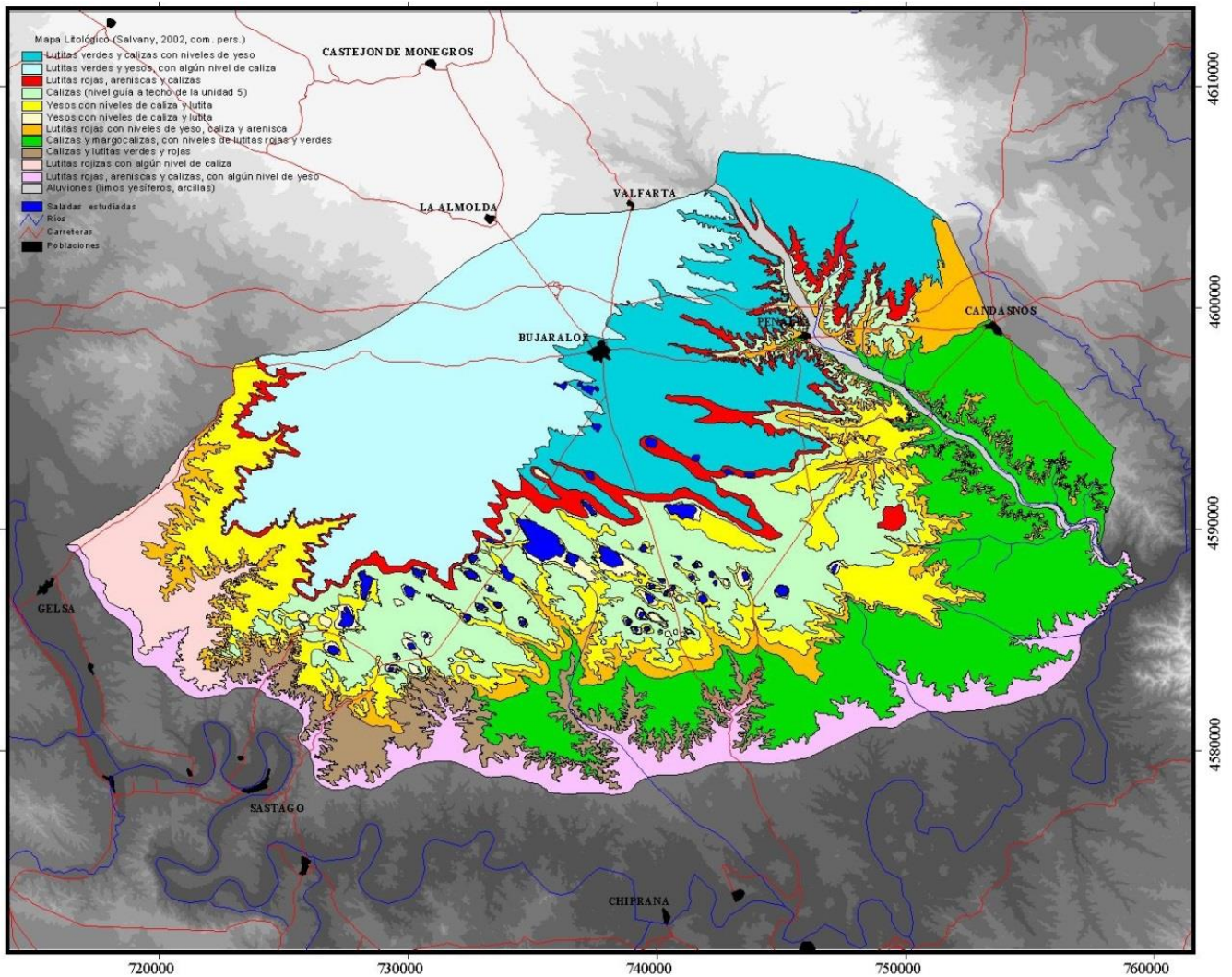


Figura 5. Mapa litológico de la zona endorreica Bujaraloz-Sástago (Salvany *et al.*, 1996) modificado por Castañeda (2004) sobre el modelo digital del terreno obtenido de la CHE

Desde el punto de vista geomorfológico, esta zona endorreica se caracteriza por la presencia de depresiones cerradas con drenaje interno que albergan una lámina de agua temporal o permanente y que reciben el nombre de saladas. El origen de estos complejos lagunares salinos se estima tuvo lugar a finales del Pleistoceno, hace unos 24.000 años (Valero-Garcés *et al.*, 2004).

Aunque todavía no existe consenso sobre su génesis, diferentes autores (Amburu, 1904; Dantin Cereda, 1942; Quirantes, 1965/75; Ibáñez, 1975; García-Vera, 1996; Conesa *et al.*, 2011) proponen que su desarrollo está ligado a la actuación conjunta y seriada de procesos geológicos según el siguiente orden (véase Figura 6):

1. Disolución de los niveles de calizas y, sobre todo, del yeso, provocando procesos kársticos y, por tanto, el colapso y hundimiento de las formaciones rocosas suprayacentes. La percolación del agua en el terreno se vería favorecida por la red de diaclasas que se detecta en la superficie de la plataforma.

2. El fondo plano de la dolina formada alcanza el nivel freático y comienza la inundación intermitente. Al aumentar la evaporación las sales precipitan y son evacuadas mediante deflación eólica, agrandando la dolina en la dirección del viento.

La actividad eólica también se manifiesta en la presencia de yardangs, formas de erosión típicas de desiertos, asociados a playa-lakes del centro de la plataforma (Gutiérrez-Elorza *et al.*, 2002). La comprensión de la génesis de las depresiones es muy importante para el conocimiento de las características del flujo subterráneo.

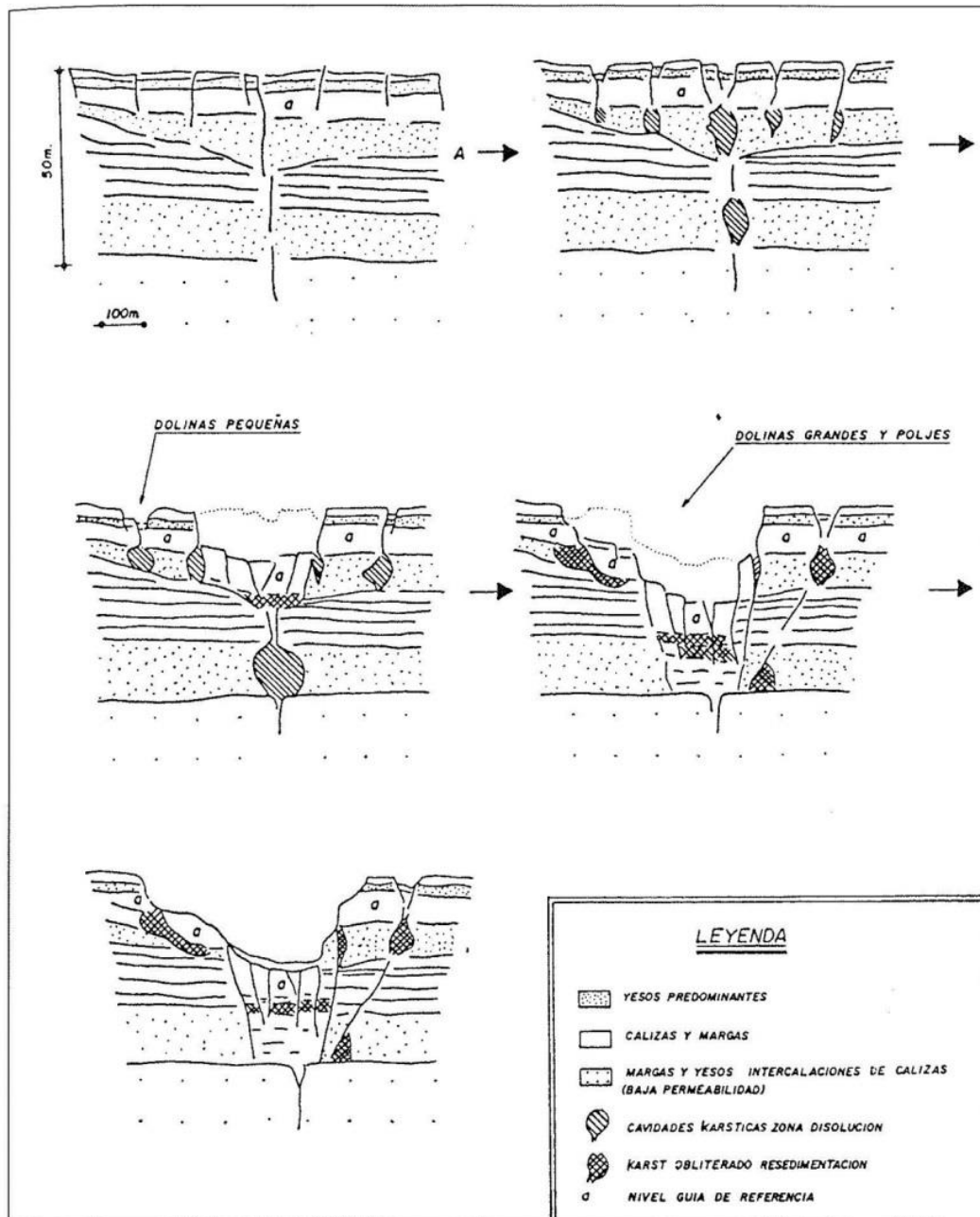


Figura 6. Esquema idealizado del posible mecanismo evolutivo de las depresiones propuesto por Quirantes (1965) y modificado por IRYDA (1989) Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. Fuente: García-Vera *et al.*, 1994

Atendiendo a estos mecanismos genéticos, García-Vera (1996) lleva a cabo una descripción estratigráfica más detallada de la Zona Endorreica, distinguiendo tres unidades litológicas de origen lacustre (Figura 7):

1. Unidad Lacustre Inferior. Principalmente carbonatada. Al ser las calizas poco solubles en comparación con los yesos, han tenido escasa influencia en el origen del complejo lagunar, por eso no existen depresiones ni lagunas en esta unidad.
2. Unidad Lacustre Intermedia. Corresponde a la parte meridional de la meseta de Bujaraloz donde se sitúan la mayoría de las lagunas saladas estudiadas. Forma un continuo tramo de yesos y calizas, pero hacia el oeste, la unidad se va haciendo más yesífera, pasando lateralmente a los yesos de la Formación Zaragoza. Esta distribución de facies y espesores influye notablemente en el desarrollo del complejo lagunar.
3. Unidad Lacustre Superior. Se extiende por toda la parte septentrional de la meseta de Bujaraloz. Principalmente formada por lutitas verdes, al oeste y norte de Bujaraloz con abundantes niveles de yeso, hacia el este con menor desarrollo de yesos y con abundantes capas de caliza. Sólo unas pocas saladas se sitúan en esta unidad y aparecen en las proximidades de Bujaraloz, como Salineta y Salobral.

De este estudio se concluye que el factor litológico es un factor determinante en la génesis de las depresiones, observándose que la presencia de facies yesíferas se relaciona con la existencia de un mayor número de depresiones de mayor extensión.

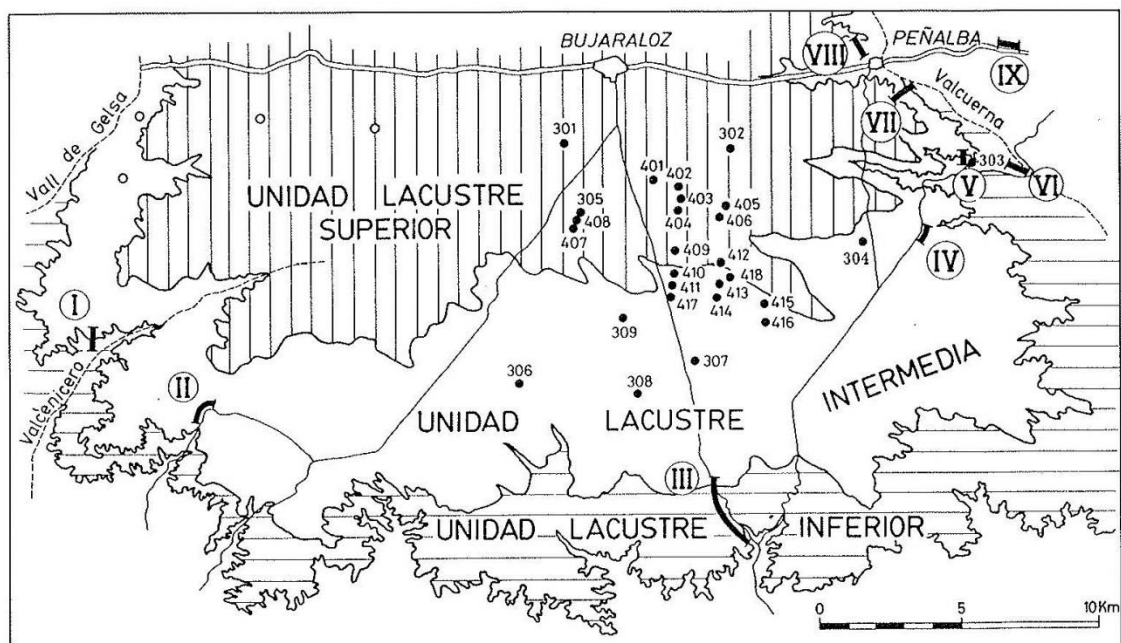


Figura 7. Unidades lacustres distinguidas en la plataforma. Fuente: García-Vera, 1996

### 2.3. Hidrogeología

Hay varios estudios que intentan esquematizar el funcionamiento hidrológico de la plataforma endorreica: Sánchez y Garrido, 1989; IRYDA, 1989; Cuchí, 1989; Berga, 1993 (García-Vera *et al.*, 1994). Sin embargo, el estudio más completo hasta la fecha es el de García-Vera (1996), donde la interpretación conjunta de los datos hidrogeológicos ha permitido la diferenciación de dos acuíferos libres en la plataforma:

1. Acuífero Superior: corresponde a los materiales de la Unidad Lacustre Superior. Es decir, está formado por una alternancia de niveles lutíticos y calcáreos y algún nivel yesífero.
2. Acuífero Inferior: constituido por los materiales de la Unidad Lacustre Intermedia, es decir, por una alternancia de yesos y calizas.

La solubilidad de los materiales (yesos y calizas) parece indicar que el flujo subterráneo se produce a través de grietas de disolución de estos materiales, favorecidos por la red de diaclasas mencionada en el capítulo de geología (García-Vera, 1996). A excepción de estos materiales, el resto de ellos, como margas, limos y arcillas, deben calificarse de muy poco permeables (García-Vera *et al.*, 1994). La baja permeabilidad contribuye a que los flujos subterráneos se mantengan con un caudal más o menos constante durante todo el año, por lo que la existencia de lámina de agua sobre las lagunas está condicionada por el poder evaporante de la atmósfera en cada momento (Alcorlo y Baltanás, 1999).

Los acuíferos se recargan únicamente por la infiltración del agua de lluvia y descargan principalmente en las lagunas, donde el agua se evapora provocando la precipitación de las sales en disolución (Martí, 1994). En momentos de desecación, el nivel freático está muy próximo a la superficie del terreno en el fondo de las saladas, lo que indica la permeabilidad relativamente baja del conjunto de los materiales subyacentes (García-Vera, 1996).

En cuanto al ciclo hidrológico de las saladas, el agua presente en ellas proviene mayoritariamente de la precipitación directa sobre su superficie, o a través de pequeñas escorrentías superficiales e hipodérmicas (Sánchez *et al.*, 1989). El periodo de recarga ocurre en otoño-invierno mientras que el estiaje coincide con el verano, cuando la evaporación supera a la precipitación, creando un fuerte déficit hídrico. Los flujos ascendentes de aguas subterráneas restituyen los materiales solubles de naturaleza evaporítica que la acción del viento retira recurrentemente de las cubetas (Alcorlo y Baltanás, 1999).

## 2.4. Flora y fauna

La vegetación de la plataforma de Los Monegros está representada principalmente por arbustos y herbáceas adaptadas a las duras condiciones climatológicas y a la pobreza edáfica. Algunas especies muy frecuentes en la zona son el albardín (*Lygeum spartum*), el esparto (*Stipa tenacissima*) o la ontina (*Artemisia herba-alba*). Las asociaciones esteparias típicas son los albardinares (*Lygeum spartum*, *Agropyrum cristatum*) y los ontinares-sisallares (*Artemisia herba-alba*, *Salsola vermiculata*, *Atriplex halimus*, *Eurotia ceratoides*). También aparecen dispersos tomillares y romerales gipsófilos. Aunque la vegetación climácica correspondería a un sabinar de *Juniperus thurifera*, en la actualidad existen muy pocos ejemplares de sabinas que se encuentran dispersos por la superficie de la plataforma. También existen *Pinus halepensis* dispersos, sobre todo en los vales (Braun-Blanquet y Bolòs, 1957; Alcorlo, 1999).

Alrededor de las lagunas se desarrollan saladares (*Salicornia europea*, *Arthrocnemum glaucum*, *Suaeda fruticosa*), que acumulan el agua en sus tejidos, y especies halófilas (*Limoniun* sp., *Frankenia reuteri* y la especie endémica *Boleum asperum*) que desarrollan mecanismos especiales para excretar la sal (Alcorlo, 1999).

Asociados a estos paisajes y vegetación, se pueden encontrar numerosas especies de aves esteparias. Los días de muestreo pudieron verse diversas especies: aguilucho pálido (*Circus cyaneus*), aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*), milano reale (*Milvus milvus*), esmerejón (*Falco columbarius*), ganga ortega (*Pterocles orientalis*) e ibérica (*P. alchata*), perdiz roja (*Alectoris rufa*), codorniz (*Coturnix coturnix*), avutarda (*Otis tarda*), sisón (*Tetrax tetrax*), alcaraván (*Burhinus oedipnemus*), cogujada (*Galerida cristata*), calandria (*Melanocorypha calandra*), escribano montesino (*Emberiza cia*), pinzón vulgar (*Fringilla coelebs*), tarabilla europea (*Saxicola rubicola*), colirrojo tizón (*Phoenicurus ochruros*), pardillo común (*Carduelis cannabina*), lavandera blanca (*Motacilla alba*), petirrojo (*Erithacus rubecula*), mosquitero, collalba rubia (*Oenanthe hispanica*) y gris (*O. oenanthe*), cuervo (*Corvus corax*), águila real (*Aquila chrysaetos*) y mochuelo europeo (*Athene noctua*).

En febrero y abril de 2016, las saladas contenían una considerable lámina de agua, lo que permitió observar durante la recogida de muestras especies de aves limnícolas y otras acuáticas, como gaviotas (*Larus michahellis*), chorlitos patinegros (*Charadrius alexandrinus*) y chicos (*C. dubius*), andarríos chico (*Actitis hypoleucos*), cigüeñuelas (*Himantopus himantopus*), archibebes comunes (*Tringa totanus*), tarros blancos (*Tadorna tadorna*), patos cuchara (*Anas clypeata*). En mayo y agosto de 2016, mientras se recorrían las lagunas para realizar una recopilación de fotos, se avistaron otras especies de aves migratorias como el abejaruco (*Merops apiaster*), los vencejos (*Apus apus*), los aviones (*Delichon urbicum*) y las golondrinas (*Hirundo rustica*).

Además de aves, también se vieron mamíferos, como el zorro (*Vulpes vulpes*) y los conejos (*Oryctolagus cuniculus*); anfibios como los sapos, que no dejaban de croar en la salada del Rebollón cuando anochecía, y sus puestas en el agua de la salada Pueyo; reptiles como el lagarto ocelado (*Lacerta lepida*) y la lagartija colirroja (*Acanthodactylus erythrurus*).

Extremadamente rica y valiosa es la fauna invertebrada, incluyendo insectos, arañas y otros artrópodos (Viñuales y Prames, 2011).

La fauna microscópica asociada al agua de las saladas es escasa pero muy interesante, donde es imprescindible citar el ostrácodo *Candelacypris aragonica*, endemismo de Aragón y Castilla La Mancha (Alcorlo y Baltanás, 2004).

## 2.5. Paisaje cambiante

Es un paisaje llano, extremadamente luminoso, con una gran extensión de cultivos de secano, donde las saladas aparecen como grandes espejos deslumbrantes (Viñuales y Prames, 2011). La única zona forestada es la Sierra de Alcubierre y su región oriental, como la Serreta Negra (Braun-Blanquet y Bolòs, 1957).

El paisaje es heterogéneo, ya que presenta un mosaico de ambientes: matorrales, comunidades estépicas (praderas de gramíneas, herbazales nitrófilos...), alguna sabina (*Juniperus thurifera*) aislada y testimonial, especies halófilas en los alrededores de las saladas y cultivos de secano como el trigo, cebada, avena, así como algunos de regadío donde se cultiva maíz y alfalfa (estos cultivos de regadío sólo afectarían a una salada estudiada, el Salobral).

En febrero y marzo, cuando comienza a crecer el cereal, el paisaje se colorea de verde y las saladas presentan una delgada lámina de agua, dando lugar a un paisaje muy diferente al que se puede encontrar unos meses más tarde, en la época estival, el cual se tornará seco y amarillento.

No todas saladas tienen un solo período de inundación al año. Algunas se secan en marzo para volver a llenar con las lluvias de primavera y permanecen así durante otro mes. Esta inundación intermitente es una de las características del régimen hidrológico de las lagunas de la plataforma y actúa como modelador de un paisaje cambiante. Las fuertes tormentas de verano también pueden producir la inundación de las lagunas que, sin embargo, se secan rápidamente debido a las altas temperaturas de esta época (Balsa *et al.*, 1991).

En el anexo 1 se presentan una serie de fotografías que pretenden ser una comparación visual entre el paisaje seco estival y el verde invernal. Las fotografías se realizaron durante el muestreo en abril y posteriormente, cuando las saladas se encontraban en época de desecación durante los meses de mayo y agosto de 2016.

### 3. Materiales y metodología

El muestreo se llevó a cabo durante los días 9, 10, 19 y 21 de abril del 2016 y se recorrieron un total de 10 saladas del conjunto Bujaraloz-Sástago.

El sábado 9 se muestrearon las saladas: Rebollón, Rollico, Camarón y Piñol

El domingo 10; La Muerte, La Playa, Pueyo y Salineta

El martes 19; Salobral

El jueves 21; Pez

#### 3.1. Parámetros físico-químicos del agua

La toma de datos en campo de todos los parámetros citados a continuación se realizaron *in situ* en tres puntos diferentes de cada salada.

En cuanto a los parámetros de **pH, O<sub>2</sub> disuelto y t<sup>a</sup>**, se midieron en campo con una sonda multiparamétrica HACH Lange (HACH, Alemania). Posteriormente, los datos se almacenaron en una tabla Excel para su tratamiento.

Los datos de **conductividad eléctrica (CE)** también se tomaron en campo, de la misma manera que los parámetros anteriores, pero además, se midieron posteriormente en el laboratorio con la sonda multiparamétrica calibrada con un patrón de KCl de 12,88 mS/cm, apropiado para aguas con elevada salinidad. Fue necesaria una segunda determinación en el laboratorio debido al elevado contenido de sales que contienen las lagunas. En el campo se obtuvieron valores fuera del rango de la sonda y su lectura, por tanto, no fue correcta. Una vez en el laboratorio se realizaron diluciones (1:10) con el fin de ajustarse al rango de medida de la sonda disponible.

Una vez obtenidos los datos de CE, se clasificaron las saladas según su grado de salinidad. Se entiende por salinidad la cantidad de sólidos disueltos en un kg de agua, expresada en gramos. La relación entre conductividad y salinidad depende de la naturaleza de las sales presentes, pero como orientación se puede considerar que la salinidad, en gramos/l es igual a la conductividad en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , multiplicada por un factor comprendido entre 0,00055 y 0,0009. La relación entre salinidad y conductividad depende de la temperatura (Margalef, 1983).

La salinidad es un parámetro difícil de determinar, por lo que los oceanógrafos emplean frecuentemente la conductividad como estimador empleando la Escala Práctica de Salinidad, incluso existen modelos regionales específicos para su estimación (Williams and Sherwood, 1994). En este proyecto se transformó la conductividad en salinidad mediante la metodología recomendada en APHA (2005).

En función del gradiente de salinidad de las aguas salinas se han realizado numerosas clasificaciones de los sistemas salinos (Alcorlo, 1999). Una de las clasificaciones más usadas para las aguas atalásicas (aguas cuyo contenido salino es de origen continental y con proporciones iónicas diferentes al agua de mar) es la propuesta por Beadle (1943) y Hammer (1978) que tiene en cuenta el límite inferior para la salinidad propuesto por Williams (1964) de 3 g/L (Hammer 1986). En este proyecto se ha usado dicha clasificación (tabla 2), tanto para las saladas de Monegros, como para las peninsulares.



Tabla 2. Clasificación aguas atalásicas según Beadle (1943) y Hammer (1978)

Zona aguas atalásicas	Salinidad (g/L)
Zona dulce	< 0,5
Zona subsalina	0,5 - 3
Zona hiposalina	3 - 20
Zona mesosalina	20 - 40
Zona hipersalina	> 40

La concentración de **nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** en las muestras se determinó mediante una adaptación del método colorímetro, ya que para el cálculo de la concentración no se han usado las tiras colorimétricas, sino la técnica de espectroscopia de absorción molecular en el espectro visible (400-780nm). Es una técnica analítica basada en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida (absorbancia) depende de forma lineal de la concentración (Abril *et al.*, 2015). Para llevar a cabo este tipo de medidas se empleó un espectrofotómetro, donde se seleccionó como longitud de onda 521 nm ya que a esta longitud, la gran cantidad de materia orgánica presente en las muestras no interfiere ni enmascara el resultado final (Miguel, 2017).

En primer lugar, se realizó la recta de calibrado para obtener la ecuación de la recta, que será lo que permita calcular la concentración de nitratos en cada una de las muestras. Para ello, se prepararon patrones en matraces aforados de 50 mL con diferentes concentraciones de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 2- 10- 20- 30 y 40 ppm (partes por millón). La preparación de cada uno de ellos se llevó a cabo de la misma manera, solo que para obtener las distintas concentraciones de nitratos en los patrones es necesario un volumen determinado de la solución estándar de nitratos (botella preparada con 100 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Para conocer este volumen se aplicó la siguiente fórmula:

$$C_1 * V_1 = V_2 * C_2$$

Siendo:

C<sub>1</sub>: concentración de nitratos de la solución estándar (en todos será 100 ppm)

V<sub>1</sub>: volumen necesario para preparar cada uno de los patrones (en mL)

V<sub>2</sub>: volumen del matraz aforado (en todos será de 50 mL)

C<sub>2</sub>: concentración de nitratos de cada uno de los patrones

A modo de ejemplo, se ha detallado el procedimiento explicado para la elaboración del patrón de 2 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:

$$100 \text{ ppm NO}_3^- * V_1 \text{ (mL NO}_3^-) = 50 \text{ (mL matraz)} * 2 \text{ (ppm NO}_3^-)$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

Es decir, será necesario 1 mL de la solución estándar de 100 ppm NO<sub>3</sub><sup>-</sup> para la preparación del patrón que contenga 2 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. El resto de volúmenes calculados aparecen a continuación:

$$V_2 = 5 \text{ mL}$$

$$V_3 = 10 \text{ mL}$$

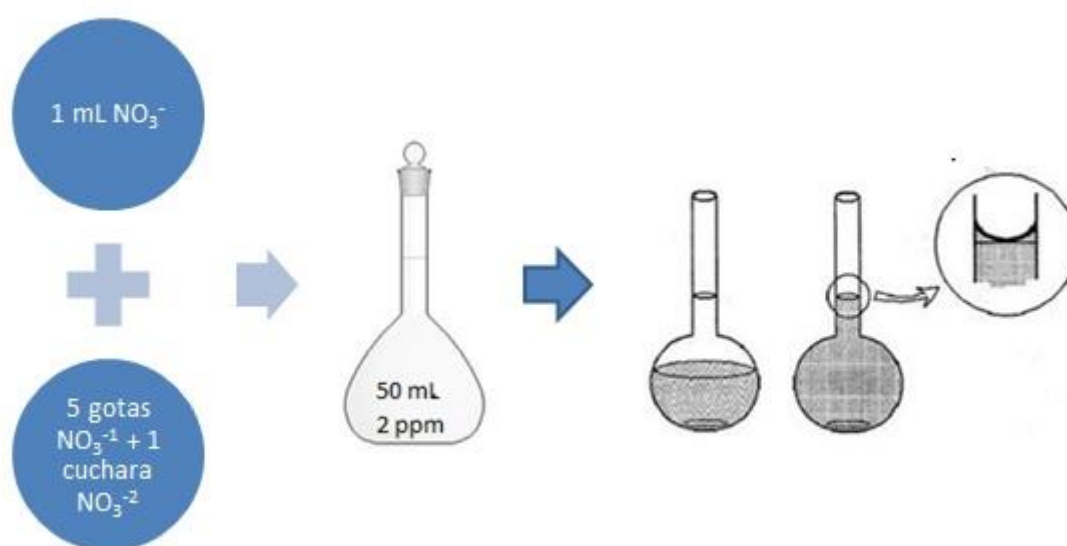
$$V_4 = 15 \text{ mL}$$

$$V_5 = 20 \text{ mL}$$

Una vez se obtuvo el volumen de  $\text{NO}_3^-$  necesario para la preparación de cada patrón, se añadió a cada matraz una determinada cantidad de reactivos colorimétricos específicos para nitratos (kit *VISOCOLOR alpha* Nitrato; Macherey-Nagel, Alemania) y se enrasó con agua destilada.

Estos reactivos reaccionan con los nitratos y forman un producto coloreado que permite detectarlo en la muestra. El fundamento de esta reacción es el siguiente: el nitrato es reducido a nitrito por la acción de un agente reductor inorgánico. El nitrito se diazota con una amina aromática y simultáneamente se forma un colorante azo (*VISOCOLOR alpha* Nitrato).

Se presenta a continuación un diagrama que pretende aclarar la metodología, y que se corresponde con el ejemplo anterior (patrón de 2 ppm):



Con todos los patrones listos, se procedió a leer su absorbancia a 521 nm en el espectrofotómetro, longitud de onda a la cual los carbonatos no interfieren. Se midió primero la absorbancia del disolvente (conocido como blanco y que en este caso es agua destilada) y al que se le ha asignado el valor de cero mediante el ajuste del equipo, de manera que la intensidad incidente y transmitida sean iguales ( $I_0 = I_t$ ), y por tanto la absorbancia es cero (Abril *et al.*, 2015).

A continuación, se puso en la celdilla del espectrofotómetro la cubeta con los patrones y leyó la absorbancia de los mismos (ver tabla 3). Estos valores de absorbancia se representan en el eje de abscisas (eje de x) y los de concentración en el eje de ordenadas (eje de y). Se observará que, a bajas concentraciones, el aumento de concentración se corresponde con un incremento lineal en la absorbancia (zona de cumplimiento de la ley de Lambert-Beer; Abril *et al.*, 2015). A concentraciones altas la linealidad se pierde y se observa que la línea se aplana, por lo que las medidas son poco fiables. Con estos resultados obtuvo la recta de calibrado y por tanto, también la ecuación de la recta (ver Figura 8).

Tabla 3. Valores de absorbancia de los patrones

ppm	A (521 nm)
2	0,1
10	0,501
20	0,898
30	1,191
40	1,484

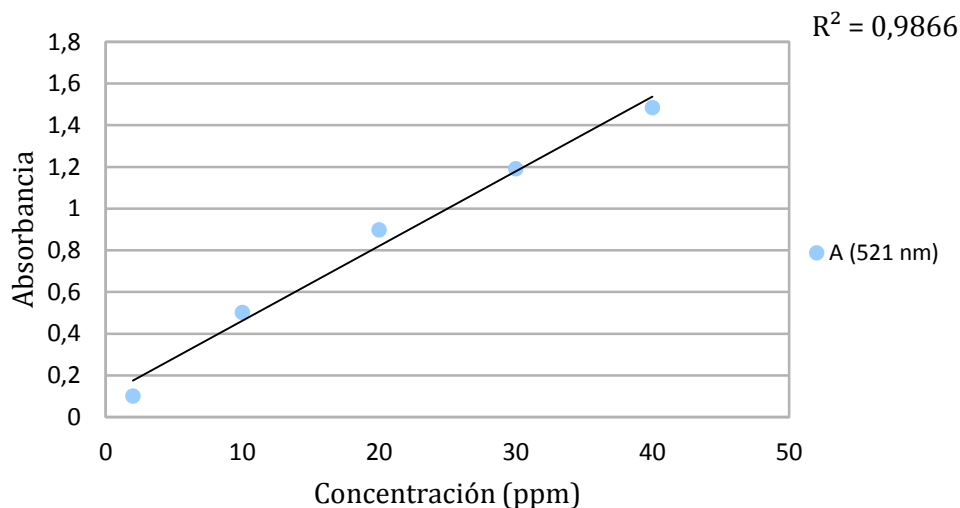
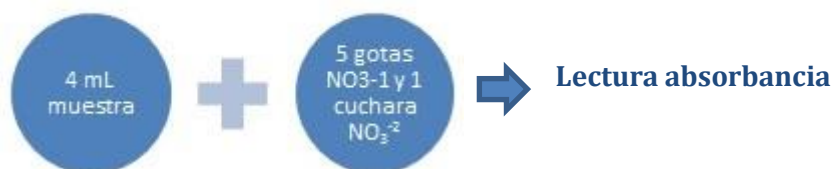


Figura 8. Recta de calibrado y ecuación de la recta

Siendo la ecuación de la recta:  $y = 0,0359x + 0,1032$ , donde la incógnita “y” es la absorbancia medida por el espectrofotómetro y “x” la concentración de nitratos en partes por millón.

Posteriormente, se procedió a leer la absorbancia de las muestras de agua de cada salada. Estas muestras se recogieron en recipientes de 1'5 litros y se mantuvieron en condiciones de oscuridad hasta su tratamiento en el laboratorio. Una vez allí, se prepararon en tubos de ensayo de la siguiente manera:



Con los datos de absorbancia de cada una de las muestras (tres réplicas de cada salada) ya es posible calcular la concentración de nitratos presente en ellas, gracias a la recta de calibrado, donde se despejó la incógnita “x” y se sustituyó la “y” por los valores de absorbancia.

### 3.2. Fitoplancton

Para el muestreo de fitoplancton se recogieron muestras de agua de las saladas en botes de cristal de 125 mL y se echaron hasta 15 gotas de lugol acético (Sigma-Aldrich) en cada uno de ellos para fijar el fitoplancton. Las muestras se almacenaron en condiciones de oscuridad hasta su determinación.

El método más apropiado, y por tanto, el que se llevó a cabo en este proyecto, para combinar el estudio taxonómico de los organismos presentes en el plancton con su evaluación cuantitativa, es la sedimentación en cubetas y examen al microscopio invertido, según el método de Utermöhl (Andersen and Thronsen, 2003; Utermöhl, 1958).



Figura 9. Diferentes columnas de sedimentación para el estudio de la comunidad planctónica mediante el método Utermöhl

Dichas cubetas consisten en una columna vertical con una base a través de la cual el contenido puede ser observado con el microscopio invertido (Figura 9). La columna, de volumen variable según el tipo de laguna, se ha llenado de muestra y las células han sedimentado en el fondo de la cámara. Debido a las características de las muestras y a que la densidad de las poblaciones no es muy grande, se usó un volumen de agua considerable para todas las saladas, 50 mL.

Como tiempo de sedimentación conveniente, en horas, puede tomarse una cifra igual o tres veces la altura de la cubeta o cilindro, expresada en centímetros. En todos los casos fue de 24 horas.

Una vez ha transcurrido el tiempo de sedimentación, se procedió a la evaluación cuantitativa de las muestras, es decir, al cálculo de la diversidad y la abundancia relativa. Para ello, se contaron tanto los individuos de una especie presentes sobre la superficie del fondo como el número de especies diferentes que aparecen en la muestra. Hay que mencionar que no se contaron las áreas marginales debido al posible efecto que la proximidad de las paredes pueda tener sobre la sedimentación.

Cabe señalar que, no todas las muestras de agua tienen las mismas características, por lo que, en la mayoría de las saladas, fue necesario el lavado del sedimento de los 50 mL debido a la imposibilidad de observar algo en el microscopio, consecuencia de la elevada cantidad de sólidos disueltos y materia orgánica en suspensión (turbidez).

En algunas saladas incluso, no bastó con lavar una sola vez sino que se ha llegado a lavar hasta tres veces para lograr ver algo en el microscopio, como es el caso de La Muerte. El lavado consistía en aplicar 10 mL de agua destilada a los 3 mL de sedimento de la cubeta. Posteriormente, se volvía a sedimentar toda la submuestra, por lo que no se producía dilución.

Para la identificación del fitoplancton se empleó un microscopio invertido Zeiss Axio Vert A1 (Zeiss, Alemania) con un aumento de 40x, y se han consultado diversas guías (Streble y Krauter, 1987; Tomas, 1997), así como la bibliografía disponible sobre las especies típicas que se pueden encontrar en la zona de estudio (Alcorlo, 1999; Alcorlo *et al.*, 2001; Álvarez *et al.*, 2006; Casamayor *et al.*, 2013).

### 3.3. Zooplancton

Para muestrear el zooplancton es necesario filtrar hasta 5 litros de agua (Margalef, 1983), por lo que se empleó un recipiente de 1 litro con la boca lo suficientemente ancha como para evitar que el zooplancton escape, y se fue cogiendo agua salada de litro en litro para evitar que el filtro se sature. Dicho filtro de Nytex, de 50 micras y 6x6 cm, se colocó sobre el tapón de una botella de 1,5 litros, recortada por la mitad y por la parte superior de su tapón (a modo de colador como se aprecia en la figura 10).



Figura 10. Recipiente con filtro Nytex de 50 micras usado en la filtración del

Tras filtrar los 5 litros, se extrajo el filtro del tapón y, mediante la ayuda de unas pinzas, se introdujo en un vial y se rellenó con alcohol al 70% hasta cubrir totalmente el filtro. Todos los viales se etiquetaron correctamente para evitar confusiones entre saladas, ya que en cada una se recogieron un total de 3 réplicas para que la muestra sea representativa. Una vez en el laboratorio, se sacaron los filtros sumergidos en los viales intentando que queden lo más limpios posible.

Del mismo modo que el fitoplancton, para el estudio taxonómico y cuantitativo del zooplancton, se sedimentaron las muestras con una cubeta especial para microscopio invertido. Para ello, se homogeneizó la muestra y vertido en las cubetas, esta vez de 10 mL, y se dejó reposar durante 10-15 minutos para que el zooplancton se deposite en el fondo. Seguidamente, se procedió a observar la muestra en el microscopio invertido (Zeiss Axio Vert A1) con un aumento de 10x.

La evaluación cuantitativa se llevó a cabo de la misma manera que para el fitoplancton, solo que en algunos casos fue necesaria la división del fondo de la cubeta en cuatro áreas pequeñas y el recuento de una submuestra, debido al elevado número de organismos presentes. En estos casos, se contó el número de veces que el taxón aparece en un solo cuadrante y posteriormente se multiplicó ese valor por cuatro, obteniendo así una cantidad total de organismos aproximada. Igual que para el fitoplancton, no se contaron las áreas marginales.

Para poder identificar se consultaron diversas guías (Streble and Krauter, 1987), así como la bibliografía relacionada con las especies típicas que se pueden encontrar en la zona de estudio (Alcorlo, 1999; Baltanás y Alcorlo, 2004; Sala *et al.*, 2005).

### 3.4. Clorofila-a

Para el muestreo de la clorofila-*a* se llenaron botellas de agua de 1,5 litros (3 réplicas por cada salada) y se guardaron en una nevera y en oscuridad para conservar la clorofila adecuadamente hasta el momento de tratarlas en el laboratorio, ya que es especialmente sensible a la luz y a la temperatura.

Una vez allí, se filtraron las muestras con un filtro Whatman GFF. Para ello, se colocó un filtro de fibra de vidrio de 47 mm de diámetro con la ayuda de unas pinzas, especial para clorofila, y encima del mismo, se fijó el vaso filtrador. Seguidamente, se fue echando poco a poco el agua de las botellas, para evitar la saturación del filtro, hasta un volumen determinado de agua según la salada filtrada, ya que cada una tiene unas características diferentes (cantidad de microorganismos, partículas en suspensión, turbidez). Por ejemplo, en aquellas saladas donde existía una mayor cantidad de partículas en suspensión, el volumen filtrado (en mL) fue menor que el volumen filtrado en aquellas donde el agua poseía menor cantidad partículas en suspensión.

Acabada la filtración, se desmontó el equipo para extraer el filtro con la ayuda de unas pinzas y se colocó sobre un trozo de papel de aluminio, el cual se dobló, etiquetó y conservó a -20°C hasta su análisis. Para realizar el análisis, se sacaron los filtros envueltos en papel de aluminio (siempre con unas pinzas), se sumergieron en 10 mL de acetona al 90% en un vial de vidrio, y se disgregaron con la ayuda de una varilla. Los viales se dejaron en la nevera, a 4°C, cubiertos con papel de aluminio y durante 24 horas para que la acetona extraiga la clorofila.

Tras este periodo de tiempo, se filtró nuevamente el contenido de los viales para evitar que queden restos de partículas en el extracto y se procedió a leer la absorbancia de las muestras en el espectrofotómetro de absorción molecular a dos longitudes de onda diferentes: 665 y 750 nm. La lectura a 665 nm indica la mayor o menor concentración de clorofila-*a*, mientras que la lectura a 750 nm indica la turbidez de la muestra, por lo que debe ser cercana a 0 y, además, es una longitud de onda a la que la clorofila es transparente. Por eso, si el valor es muy alto, indicará que la muestra es muy turbia y por tanto, enmascarará el valor final de clorofila-*a* (lo óptimo son valores por debajo de 0,015).

Una vez obtenidos dichos valores de absorbancia, se calculó la concentración de clorofila en las muestras (en µg/L) según la siguiente fórmula, extraída de Sabater y Elozegi (2009):

$$\text{Clorofila-}a \text{ (}\mu\text{g/L)} = 11,6 * (A_{665} - A_{750}) * \frac{V_e}{V}$$

Donde  $V_e$ = volumen del extracto en mL (10 mL de acetona)

$V$ = volumen filtrado de la muestra en L (variará según la salada considerada)

Con los resultados de concentración de clorofila-*a* de cada muestra, las diez saladas se clasificaron según su grado de eutrofia según diferentes autores (Canfield, 1983; OCDE, 1982; Lee-Jones y Rast, 1978), como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 3. Valores de referencia para la clasificación de eutrofia según diversos autores. Datos de concentración de clorofila planctónica en µg/l.

Clasificación	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones y Rast (1978)
Oligotrofia	< 3	1,7 - 4,6	2
Oligomesotrofia	-	-	2,1 - 2,9
Mesotrofia	3 - 7	4,7 - 14,2	3 - 6,9
Mesoeutrofia	-	-	7 - 9,9
Eutrofia	> 7	> 14,2	> 10

### 3.5. Estado de Conservación de Ecosistemas Leníticos Someros

La calidad morfológica de las saladas se valoró mediante el índice ECELS (Estado de Conservación de Ecosistemas Leníticos Someros). La ficha estipulada por el protocolo y por tanto, la que se completó durante la realización del índice en el campo, puede consultarse en el anexo 2.

El índice ECELS (Boix *et al.*, 2004) valora las condiciones en las que se encuentra el ecosistema del humedal en su conjunto, más allá de lo que es estrictamente la calidad del agua. Está estructurado en 5 bloques y cada uno de ellos analiza un aspecto independiente del estado de conservación del humedal:

- Morfología
- Construcciones, infraestructuras y usos humanos
- Aspecto del agua
- Vegetación de helófitos o salicornial
- Vegetación sumergida y flotante

El valor del índice se ha obtenido a través de la suma de la puntuación de cada bloque, y oscila entre 0 y 100. El estado de conservación se relaciona con el valor final del índice según muestra la siguiente tabla:

Tabla 4. Categorías del índice ECELS en función de la puntuación de las lagunas

ECELS ≥ 90	I (muy buena)
70 ≤ ECELS < 90	II (buena)
50 ≤ ECELS < 70	III (mediocre)
30 ≤ ECELS < 50	IV (deficiente)
ECELS < 30	V (mala)

Para obtener su valor se hicieron 3 muestreos en cada salada, ya que todas ellas poseen más de 3 hectáreas, por lo que el resultado final ha sido la media.

Cabe señalar que, en aquellas saladas con un tamaño pequeño como la del Pez, las características han sido las mismas independientemente de la zona donde se realizaba el índice, por lo que el resultado en cada punto de muestreo ha sido el mismo.

Esto no ha ocurrido con las de mayor tamaño como La Playa, ya que desde un solo punto no se puede visualizar la totalidad de la salada y ésta presenta mayor variabilidad que aquellas que poseen un tamaño menor.

Según la metodología estipulada para llevar a cabo este índice, la época idónea para realizarlo es la primavera, y a poder ser la segunda mitad de ésta, ya que es el momento adecuado para valorar diferentes aspectos, tales como la vegetación. Sin embargo, en este proyecto, se realizó en invierno (mes de febrero), ya que es el momento en el cual las saladas están inundadas (período de recarga otoño-invierno) y la valoración del índice no debe hacerse en situaciones de secado donde las lagunas temporales o fluctuantes tienen la lámina de agua muy alejada del litoral o simplemente no poseen agua.

Los resultados del índice de cada salada y para cada punto de muestreo se pueden consultar en el anexo 3. Se han presentado en una tabla dividida en bloques, cuya suma es la puntuación final para cada punto de muestreo. A continuación se realizó la media con las tres puntuaciones finales y por último, se le asignó una categoría de estado de conservación a los valores numéricos.

### **3.6. Análisis estadístico**

Una vez obtenida la matriz biológica y físico-química, se procedió al análisis estadístico de las mismas. En primer lugar se llevó a cabo un análisis multivariable, que consiste en un Análisis de Redundancia (RDA), con el objetivo de relacionar las variables ambientales con la matriz de abundancia del zooplancton, ya que ambas matrices cuentan con tres réplicas, a diferencia del fitoplancton. El resultado obtenido es un gráfico disímétrico que permite observar estas relaciones. También permite saber cuál es la variable más importante en el análisis.

La relación entre la abundancia de fitoplancton y zooplancton y las variables ambientales se llevaron a cabo mediante regresiones entre variables (Pearson), antes de las cuales se comprobaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad de las variables. Como algunas de ellas no cumplían estos supuestos, se utilizó el equivalente no paramétrico (Spearman). Para todos los análisis usó el software R (R Core Team, 2015) y los paquetes Vegan (Oksanen et al., 2009) y R commander (Fox, 2015).



### 3.7. Revisión bibliográfica y comparativa de las lagunas peninsulares

Para su elaboración, se revisó la bibliografía disponible en diferentes buscadores y bases de datos (Alcorze, Catálogo Roble, GUARA, ProQuest, DIGITAL.CSIC) y se recopiló aquella información relacionada con este proyecto, concretamente se ha utilizado las palabras clave: endorreísmo, playa-lake, aridez, humedales salinos interior, temporalidad, conservación, salinidad y comunidad planctónica.

En primer lugar, se buscaron aquellas lagunas españolas que por sus características físico-químicas y geológicas se asemejan a las incluidas en este proyecto. Una vez seleccionadas, se procedió a la búsqueda de estudios ya realizados para la extracción de datos específicos de cada laguna, como su físico-química (la conductividad eléctrica, clorofila, pH, O<sub>2</sub> disuelto...) o su estado de conservación. Esta recopilación de datos ha permitido la comparación entre las lagunas saladas presentes en España y las lagunas saladas de Monegros. También ha permitido establecer un rango de valores fisicoquímicos típicos de estas lagunas, el cual se ha considerado a la hora de comentar los resultados.

En total se revisaron casi 50 documentos (entre los que aparecen artículos científicos, tesis doctorales, catálogos regionales de zonas húmedas, informes oficiales de los gobiernos autonómicos sobre el estado ecológico de las aguas superficiales, textos de divulgación, libros específicos sobre el tema, fichas de humedales RAMSAR, entre otros).

## 4. Resultados

### 4.1. Parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de las saladas de Los Monegros

Para presentar los resultados de una manera clara se ha creído conveniente la elaboración de unas fichas descriptivas para cada salada. En esta ficha aparecen los resultados obtenidos, tanto para los parámetros físico-químicos, el estado trófico, la comunidad planctónica, como para el índice ECELS. A continuación, se muestran las fichas en cuestión, ordenadas según su ubicación geográfica en la plataforma endorreica, de Sur a Norte, siguiendo la carretera A-2105 desde Sástago a Bujaraloz (consultar figura 2).

Tabla 5. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada Rebollón. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

REBOLLÓN					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	Tª (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
8,02	9,21	21,76	<2	29,73	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
2,14	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones & Rast (1978)	19,03	Hiposalina
	Oligotrofia	Oligotrofia	Oligomesotrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (nºind/litro)	Taxones	Abundancia (nºind/litro)		
<i>Oocystis</i> sp.	22.807	<i>Branchinecta media</i>	0,27		
<i>Chryptophyta</i>	18.660,23	<i>Candelacypris aragonica</i>	0,13		
<i>Navicula</i> sp.	21.023,86	<b><i>Copepoda</i></b>	<b>117,1</b>		
<i>Pinnularia</i> sp.	8.397,10	<i>Nematoda</i>	0,07		
<i>Hantzschia</i> sp.	10.449,73				
<i>Surirella</i> sp.	6.220,08				
<i>Nitzschia acicularis</i>	2.135,56				
<i>Fragilaria crotonensis</i>	82,93				
<i>Anabaena</i> sp.	82,93				
<b><i>Pseudanabaena</i> sp.</b>	<b>44.867,49</b>				
<i>Spirogyra</i> sp.	20,73				
<i>Phormidium</i> sp.	41,47				
<i>Oscillatoria</i> sp.	20,73				
Nº total de taxones = 13					Nº total de taxones = 4
Categoría ECELS					
I. Muy buena					

- Parámetros fisicoquímicos y estado trófico:

De todas las saladas estudiadas es la que menos oxígeno disuelto posee en el agua. También se trata de la salada con la mayor temperatura registrada de todo el conjunto endorreico. El pH es de los más elevados de todas las saladas, su valor de 9,21 sólo queda por detrás de Salobral, con un pH de 9,55. Son las dos saladas más alcalinas de la plataforma.

La concentración de nitratos es muy baja, menos de 2 partes por millón, igual que ocurre en el resto de saladas, a excepción de La Muerte. Según sus bajos valores de conductividad eléctrica y salinidad se trata de una salada hiposalina. Rebollón posee la menor concentración de clorofila de todas, con tan solo 2,14 µg/L, valor que corresponde a un estado trófico de oligotrofia u oligomesotrofia, según el autor que se consulte.

- Comunidad planctónica

Es la salada que contiene mayor diversidad de taxones de fitoplancton. El taxón más abundante fue *Pseudanabaena* sp. En cuanto al zooplancton, se identificó el ostrácodo endémico monegrino y manchego, *Candelacypris aragonia* (incluido en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas; Real Decreto 139/2011), además de otros taxones como *Branchinecta media*, copépodos sin identificar y un nematodo. Se puede apreciar la dominancia de los copépodos frente al resto de taxones.

- Índice ECELS:

Rebollón es la única salada con muy buen estado de conservación. A diferencia del resto de saladas, Rebollón no tiene acúmulos de rocas en más del 50 % de su perímetro. Esto no descarta que se encontraran algunas rocas diseminadas por el litoral, también procedentes del despedregue de los campos, pero en menor medida que en el resto de sus compañeras.

La infraestructura viaria más cercana se encuentra a unos 500 metros y corresponde a la carretera comarcal de Alborge (CV- 411). Tampoco hay mases cerca. Los cultivos de secano avanzan aprovechando los relieves suaves y presionan a esta salada, llegando a afectar al litoral de la misma.

Rebollón forma parte del ámbito de la ZEPA Retuerta y Saladas de Sástago (ES0000181) y del LIC Monegros (ES2430082). Incluido en la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar en 2011.

El agua es transparente y no se detectó ningún olor fuerte. En cuanto a la vegetación arbórea, destacar la presencia de una única sabina albar (*Juniperus thurifera*) al suroeste de la salada. Durante la época de inundación se desarrollan comunidades de macrófitos en el fondo.

Tabla 6. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada Rollico. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

ROLLICO					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	T <sup>a</sup> (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
9,27	8,21	20,57	<2	37,1	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
18,09	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones & Rast (1978)	24,3	Mesosalina
	Eutrofia	Eutrofia	Eutrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (nºind/litro)	Taxones	Abundancia (nºind/litro)		
<i>Chlamydomonas</i> sp.	2.073,36	<b><i>Candelacypris aragonica</i></b>	<b>45</b>		
<b><i>Navicula</i> sp.</b>	<b>64.460,73</b>	<i>Thripidae</i>	0,07		
<i>Pinnularia</i> sp.	12.461				
<i>Cymbella</i> sp.	6.220,08				
<i>Amphora</i> sp.	2.073,36				
<i>Anabaena</i> sp.	6.303,01				
<i>Johanseninema constrictum</i>	4.167,45				
<i>Pseudanabaena</i> sp.	6.240,81				
<i>Spirogyra</i> sp.	124,40				
Nº total de taxones = 9		Nº total de taxones = 2			
Categoría ECELS					
II. Buena					

- Parámetros físicoquímicos y estado trófico:

Es la salada monegrina con el pH más bajo, aunque sigue teniendo el carácter alcalino típico de estos ambientes. Según sus valores de conductividad eléctrica y salinidad se trata de una salada mesosalina.

Rollico posee una cantidad de clorofila elevada. Con 18,09 µg/L es la segunda salada monegrina con mayor concentración de clorofila, tan sólo por detrás de Salineta. Este valor se corresponde con el estado trófico de eutrofia, en este caso, coincidente para todos los autores consultados.

- Comunidad planctónica:

Se identificaron hasta nueve taxones de fitoplancton diferentes. *Navicula* sp. fue el taxón dominante. En cuanto al zooplancton, existe poca variedad de taxones, identificándose tan solo dos. Igual que en Rebollón, se recolectó el ostrácodo *Candelacypris aragonica*, con una clara dominancia. También se identificó un individuo de la familia *Thripidae*.

- Índice ECELS:

El estado de conservación de esta salada es bueno. Los vertidos de piedras se concentran en el extremo sur pero aparecen por todo el perímetro de la salada. Se encuentra alejada de la carretera principal y la pista forestal más cercana se encuentra a más de 100 metros, por lo que es conveniente llegar hasta ella andando. Aparece como un elemento aislado rodeada de cultivos de secano que afectan sobre todo al entorno de la salada, aunque en el primer punto donde se ha realizado el índice los campos afectan al litoral.

Forma parte del ámbito de la ZEPA Retuerta y Saladas de Sástago (ES0000181) y del LIC Monegros (ES2430082). Incluido en la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar en 2011.

El agua es transparente y no se detectó ningún olor fuerte. Sin embargo, al pisar y remover el barro de la cubeta se desprendió un olor muy fuerte procedente de la materia orgánica en descomposición. Al estar el fondo inundado durante el muestreo, se visualizó una orla exterior casi continua de salicorniar.

Tabla 7. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada Camarón. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

CAMARÓN					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	T <sup>a</sup> (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
9,73	8,97	20,97	<2	72,13	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
8,9	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones & Rast (1978)	51,38	Hipersalina
	Eutrofia	Mesotrofia	Eutrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (nºind/litro)	Taxones	Abundancia (nºind/litro)		
<i>Oocystis</i> sp.	35.247,1	<i>Hexarthra fennica</i>	1,53		
<i>Tetrastrum</i> sp.	26.953,67	<b><i>Branchinectella media</i></b>	<b>25,53</b>		
<i>Chryptophyta</i>	2.073,4	<i>Candelacypris aragonica</i>	3,27		
<b><i>Navicula</i> sp.</b>	<b>64.606</b>				
<i>Pinnularia</i> sp.	16.690,54				
<i>Hantzschia</i> sp.	6.261,54				
<i>Entomoneis alata</i>	18.660,23				
<i>Cylindrotheca closterium</i>	6.220,08				
<i>Pseudanabaena</i> sp.	61.309,22				
Nº total de taxones = 9		Nº total taxones = 3			
Categoría ECELS					
II. Buena					

- Parámetros físicoquímicos y estado trófico:

El valor de oxígeno disuelto es elevado y el del pH de los más elevados, cuyo valor es 8,97. Por encima de éste sólo se encuentran los pHs de Rebollón y Salobral.

Se observa el acentuado carácter salino, siendo la conductividad eléctrica muy elevada, obteniéndose 72,13 mS/cm, El valor de salinidad indica que se trata de una salada hipersalina. También contiene una concentración de clorofila elevada. Con 8,9 µg/L su estado trófico es la eutrofia o mesotrofia, según el autor que se consulte.

- Comunidad planctónica:

Se pudieron identificar hasta 9 taxones diferentes de fitoplancton. Las abundancias de *Navicula sp* y *Pseudanabaena sp* fueron muy similares, por lo que son los dos taxones dominantes. Además, se identificó el anostráceo *Branchinectella media* como taxón dominante y, en menor medida, el rotífero *Hexarthra fennica*, y el ostrácodo *Candelacypris aragonica*.

- Índice ECELS:

Existen acúmulos de piedras procedentes del despedregue de los campos y en algunos casos hasta se aprecia claramente un muro de piedra (como si se tratara de una mota).

Camarón es accesible con vehículo en casi su totalidad debido a la cercanía de una pista forestal, excepto en algunos puntos, donde esa pista queda más alejada y hay que llegar hasta la orilla andando. También se vieron varios mases cercanos que contribuyen a la diversidad del paisaje. Los cultivos de secano afectan al litoral de la salada excepto en el último punto de muestreo, donde alteran únicamente su entorno.

Camarón forma parte del ámbito de la ZEPA Retuerta y Saladas de Sástago (ES0000181) y del LIC Monegros (ES2430082). Incluido en la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar en 2011.

El agua es transparente y no se detectó ningún olor fuerte. Al pie del talud oriental se acumulan restos de capitanas (*Salsola kali*) arrastradas por el viento. También se apreció la acumulación de materia orgánica en las orillas (sobre todo en la orientada al sur) debido a la acción del viento (cierzo), como restos de plantas, coleópteros muertos así como bacterias de color amarillento (ver fotos del anexo 4). Durante el periodo de muestreo se vieron hidrófitos en el agua (ver fotos del anexo 4). También se detectaron en la orilla sur huellas de aves limnícolas (ver fotos del anexo 4).

Por todas estas características Camarón tiene una alta puntuación que le confiere un buen estado de conservación.

Tabla 8. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada Pez. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

PEZ					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	T <sup>a</sup> (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
9,20 (desviacestandar)	8,47	21,47	<2	103,77	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
13,74	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee Jones & Rast (1978)	78,75	Hipersalina
	Eutrofia	Mesotrofia	Eutrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (nºind/litro)	Taxones	Abundancia (nºind/litro)		
<i>Chlamydomonas</i> sp.	66.430,42	<b><i>Hexarthra fennica</i></b>	<b>9,2</b>		
<b><i>Navicula</i> sp.</b>	<b>145.343</b>	<i>Brachionus plicatilis</i>	2,33		
<i>Pinnularia</i> sp.	1.6752,74	<i>Branchinecta media</i>	1,47		
<i>Cymbella</i> sp.	41,47	<i>Candelacypris aragonica</i>	4		
<i>Hantzschia</i> sp.	4.146,72	<i>Ixodida</i>	0,13		
<i>Monoraphidium</i> sp.	2.073,36				
<i>Anabaena</i> sp.	4.333,32				
<i>Johanseninema constrictum</i>	20,73				
<i>Pseudanabaena</i> sp.	10.512				
Nº total de taxones = 9		Nº total de taxones = 5			
Categoría ECELS					
II. Buena					

- Parámetros físicoquímicos y estado trófico:

Se observa una elevada conductividad eléctrica de 103 mS/cm, lo que le confiere el segundo puesto de las lagunas monegrinas más saladas, por detrás únicamente de La Muerte. Se trata, por tanto, de una laguna hipersalina. También posee una concentración de clorofila elevada, con 13,74 µg/L, y por eso, su estado trófico es de eutrofia o mesotrofia, según el autor.

- Comunidad planctónica

Pudieron identificarse hasta nueve taxones de fitoplancton. *Navicula* sp, fue el taxón dominante. Es una de las saladas en las que se recolectó más taxones de zooplancton, junto con Salineta y Pueyo. Se pudieron identificar hasta cinco taxones. El rotífero *Hexarthra fennica* fue el taxón más abundante, y en menor medida, aunque también abundante, el ostrácodo *Candelacypris aragonica*.



- Índice ECELS:

Pez posee un buen estado de conservación. Los mayores acúmulos de piedras del despedregue de los campos se concentran en el borde noroccidental, pero se encuentran presentes por todo el borde de la salada, en mayor o menor medida, ocupando más del 50 % de su perímetro.

La salada queda aislada de caminos aunque se divisa desde la carretera A-2105, la cual se encuentra a más de 100 metros y por tanto no se consideró en el Bloque II de este índice. Se puede acceder a Pez con vehículo a través de los márgenes de campos y ribazos pero es más conveniente llegar andando. También se sitúa próxima a los mases que se levantan al noreste, pero a más de 100 metros. Se encuentra rodeada de cultivos de secano, pero no afectan al litoral ni al interior de la cubeta.

La salada del Pez forma parte del ámbito de la ZEPA Retuerta y Saladas de Sástago (ES0000181) y del LIC Monegros (ES2430082). Este humedal fue incluido en la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar en 2011 (Acuerdo de Consejo de Ministros de 7 de enero de 2011; BOE nº 30, de 4 de febrero de 2011).

El aspecto del agua es transparente y no se detectó ningún olor fuerte. Cuando se realizó el índice en la laguna, ésta se encontraba inundada, por lo que se pudieron apreciar en el fondo comunidades de hidrófitos de gran interés en estos hábitats temporales. No se procedió a su identificación exhaustiva, pero se realizaron fotos y se revisó la bibliografía (Conesa *et al.*, 2011), por lo que es muy probable que se trate de comunidades de *Ruppia*.

Tabla 9. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada La Muerte. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

LA MUERTE					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	T <sup>a</sup> (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
8,25	8,34	17,7	7,3	104,07	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
12,62	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones & Rast (1978)	79,02	Hipersalina
	Eutrofia	Mesotrofia	Eutrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (nºind/litro)	Taxones	Abundancia (nºind/litro)		
<b>Navicula sp.</b>	<b>22.890</b>	<i>Copepoda</i>	0,47		
<i>Cymbella sp.</i>	2.114,83	<i>Thripidae</i>	0,2		
<i>Fragilaria crotonensis</i>	6.240,81	<b>Diptera</b>	<b>0,53</b>		
<i>Monoraphidium sp.</i>	41,47	<i>Nematoda</i>	0,07		
<i>Anabaena sp.</i>	4.146,72				
<i>Johanseninema constrictum</i>	2.073,36				
<i>Phormidium sp.</i>	7.070,15				
<i>Oscillatoria sp.</i>	2.094,09				
Nº total de taxones = 8		Nº total de taxones = 4			
ECELS					
II. Buena					

- Parámetros físicoquímicos y estado trófico:

Su contenido de oxígeno disuelto en el agua es de los más bajos, ya que tan solo tiene 8,25 mg/L, siendo la segunda salada monegrina con menor concentración de oxígeno. El pH no destaca por ser muy elevado, tiene un valor de 8,34 y es de los más bajos de la plataforma.

La Muerte es la más salada del conjunto endorreico. Tiene una conductividad eléctrica de 104,07 mS/cm, y su salinidad la clasifica como una laguna hipersalina. Además, es la única salada monegrina que contiene más de 2 partes por millón de concentración de nitratos, obteniéndose un resultado de 7,3 ppm. Su estado trófico es la eutrofia o mesotrofia, según el autor, debido a su elevada concentración de clorofila, igual a 12,62 µg/L.

- Comunidad planctónica:

Se identificaron ocho taxones de fitoplancton, siendo *Navicula sp* el taxón dominante. Se aprecian abundancias similares entre los taxones *Diptera* y *Copepoda*, aunque predominaron ligeramente los dípteros. En el caso de los copépodos se recolectaron tanto ejemplares adultos como nauplios.

- Índice ECELS:

La Muerte tiene un buen estado de conservación. Los acúmulos de piedras se concentran principalmente en la orilla noroeste aunque pudieron verse desperdigadas por todo el entorno de la salada. Se sitúa cerca de varios caminos forestales que permiten la entrada a los campos de cultivo que la rodean, aunque para llegar a ciertos puntos es necesario ir andando. Se pudieron encontrar huellas de vehículos sobre todo durante el periodo en que está seca. En algunos puntos de la salada se pudo ver cómo los cultivos invaden el litoral.

La Muerte queda en el ámbito de la ZEPA Retuerta y Saladas de Sástago (ES0000181) y del LIC Monegros (ES2430082). Incluida en la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar en 2011. El agua posee mucha turbidez según el punto donde se recoja, pero no desprende ningún olor fuerte.

Tabla 10. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada Piñol. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

PIÑOL					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	T <sup>a</sup> (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
10,16	8,57	17,47	<2	51,57	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
6,75	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones & Rast (1978)	35,09	Mesosalina
	Mesotrofia	Mesotrofia	Mesotrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (nºind/litro)	Tazones	Abundancia (nºind/litro)		
<i>Oocystis</i> sp.	54.031,73	<i>Branchinectella media</i>	0,33		
<i>Tetrastrum</i> sp.	12.440,15	<i>Candelacypris aragonica</i>	3,33		
<b><i>Navicula</i> sp.</b>	<b>812.093,2</b>	<b><i>Copepoda</i></b>	<b>84,53</b>		
<i>Pinnularia</i> sp.	20.816,52				
<i>Hantzschia</i> sp.	2.135,56				
<i>Entomoneis alata</i>	6.303,01				
<i>Anabaena</i> sp.	20,73				
<i>Pseudanabaena</i> sp.	209.575,11				
<i>Phormidium</i> sp.	2.073,36				
Nº total de taxones = 9					Nº total de taxones = 3
Categoría ECELS					
II. Buena					

- Parámetros fisicoquímicos y estado trófico:

Tiene una concentración de 10,16 mg/L de oxígeno disuelto. Es un valor muy elevado y por ello es una de las saladas que más oxígeno disuelto tiene en sus aguas, junto con Salobral y Salineta. Se observa su acentuado carácter salino, aunque su conductividad eléctrica no es de las más elevadas. Se trata de una laguna mesosalina. Debido a la concentración de clorofila en sus aguas el estado trófico corresponde a la mesotrofia, coincidente en este caso para los tres autores escogidos.

- Comunidad planctónica:

*Navicula sp* fue el taxón más abundante de fitoplancton. Clara dominancia de los copépodos frente al resto de taxones. No se encontraron ejemplares adultos, todos fueron estadios iniciales de desarrollo (nauplios). Le siguió el taxón *C.aragonica* y por último el menos abundante, *B.media*.

- Índice ECELS:

Piñol tiene un buen estado de conservación. Existen pocos acúmulos de piedras por lo que la cubeta conserva bien los taludes. Hay varias pistas forestales cercanas a Piñol y el acceso con vehículo es fácil. Cabe señalar que, a pesar de no poseer infraestructuras hidráulicas que afecten al agua de la salada, sí que existen un par de pozos de agua cercanos antiguamente usados para recoger el agua de lluvia y abreviar al ganado (balsas).

Es la salada con mayor presencia de extracto arbóreo, hasta diez ejemplares de sabina albar a menos de 10 metros. También existe una población de tamarices (*Tamarix boveana*) en el borde nororiental. El día del muestreo había una gran cantidad de agua y se pudo ver un grupo de tarros blancos. El agua tiene un aspecto transparente y no desprende ningún olor fuerte. Sin embargo, al remover el barro de la orilla, sí se detectó un olor pútrido, probablemente debido al alto contenido en materia orgánica que posee.

Piñol es una salada dentro del ámbito de la ZEPA Retuerta y Saladas Sástago (ES0000181) y del LIC Monegros (ES2430082) e incluida en la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar en 2011.

Tabla 11. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada La Playa. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

LA PLAYA					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	T <sup>a</sup> (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
9,10	8,21	16,4	<2	28,8	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
5,02	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones & Rast (1978)	18,38	Hiposalina
	Mesotrofia	Mesotrofia	Mesotrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (nºind/litro)	Taxones	Abundancia (nºind/litro)		
<i>Navicula</i> sp.	8.521,50	<i>Branchinectella media</i>	2,33		
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	20,73	<b><i>Candelacypris aragonica</i></b>	<b>25,47</b>		
<i>Johanseninema constrictum</i>	41,47	<i>Ixodida</i>	0,13		
<b><i>Pseudanabaena</i> sp.</b>	<b>19.883,51</b>				
<i>Spirogyra</i> sp.	124,40				
Nº total de taxones = 5		Nº total de taxones = 3			
Categoría ECELS					
II. Buena					

- Parámetros físico-químicos y estado trófico:

El valor de concentración de oxígeno es bastante alto. Además, la temperatura del agua es la más baja registrada en las saladas monegrinas. Su valor de pH es el más bajo de todas las saladas, junto con Rollico. Ambas tienen un pH igual a 8,21.

La Playa es de las menos saladas del conjunto endorreico, junto con su contigua Pueyo, ya que su conductividad es de 28,8 mS/cm. El valor de salinidad la clasifica como una laguna hiposalina. Su concentración de clorofila también es baja, 5,02 µg/L, por lo que su estado trófico corresponde con la mesotrofia, independientemente del autor consultado.

- Comunidad planctónica

El taxón dominante fue *Pseudanabaena* sp. El ostrácodo *Candelacypris aragonica* fue el taxón más abundante del zooplancton, ya que se encontraron muchos individuos en comparación con el resto de taxones, *Branchinectella media* y las garrapatas (*Ixodidae*).

- Índice ECELS:

La Playa tiene un buen estado de conservación. Los acúmulos de piedras están presentes en las inmediaciones de los campos y se reparten heterogéneamente por el borde de la salada. El primer punto de muestreo se realizó cerca de la carretera A-2105 a Sástago, que cruza la salada en su extremo NO y se encuentra a menos de 100 metros del punto en cuestión. Tal vez debido a esta cercanía, se detectaron rodadas de vehículos por la salada, tanto por su perímetro en la época de inundación, como por el interior de la cubeta en la época de desecación. A esto se le añade que La Playa es la salada más conocida y frecuentada del conjunto endorreico. Los muestreos restantes se realizaron más alejados de esta carretera pero a menos de 100 metros de las pistas forestales que rodean La Playa y los campos que la rodean. Aún conserva construcciones relacionadas con la antigua explotación de sal (pozos, estructuras de ladrillo, bermas, ruinas del almacén de sal). Forma parte del ámbito de la ZEPA (ES0000181) y del LIC (ES2430082). Incluido en la Lista de Zonas Húmedas Ramsar en 2011.

Tabla 12. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada Pueyo. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

PUEYO					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	T <sup>a</sup> (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
9,68	8,22	20,13	<2	11,07	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
2,74	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones & Rast (1978)	6,5	Hiposalina
	Oligotrofia	Oligotrofia	Oligomesotrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (nºind/litro)	Taxones	Abundancia (nºind/litro)		
<i>Chrysophyta</i>	8.293,44	<b><i>Branchinectella media</i></b>	<b>1,27</b>		
<b><i>Navicula sp.</i></b>	<b>251.519,16</b>	<i>Candelacypris aragonica</i>	0,13		
<i>Pinnularia sp.</i>	12.481,62	<i>Nematoda</i>	0,13		
<i>Cymbella sp.</i>	6.220,08	<i>Thripidae</i>	0,2		
<i>Hantzschia sp.</i>	14.555	<i>Phthiraptera</i>	0,07		
<i>Surirella sp.</i>	4.146,72	<i>Diptera</i>	0,47		
<i>Nitzschia acicularis</i>	14.513,51				
<i>Monoraphidium sp.</i>	2.073,36				
<i>Anabaena sp.</i>	186,60				
<i>Pseudanabaena sp.</i>	10429				
<i>Spirogyra sp.</i>	20,73				
Nº total de taxones = 11		Nº total de taxones = 6			
Categoría ECELS					
II. Buena					

- Parámetros fisicoquímicos y estado trófico:

El bajo pH es similar al de otras saladas como La Playa y Rollico, por lo que es de los valores más bajos registrados en la plataforma endorreica. Es la menos salada de todas, ya que su conductividad es de 11,07 mS/cm. Se trata de una laguna hiposalina, como a su contigua La Playa y Rebollón. La concentración de clorofila también es muy baja, 2,74 µg/L, por lo que su estado trófico corresponde con la oligotrofia u oligomesotrofia, según el autor que se consulte.

- Comunidad planctónica:

Hasta once taxones diferentes se observaron en las muestras de fitoplancton. Puede apreciarse la dominancia de *Navicula sp* frente al resto de taxones. Se identificaron *Branchinectella media* y *Candelacypris aragonica*, ejemplares de la familia *Thripidae*, del orden *Diptera*, del orden *Phthiraptera* (comúnmente denominado piojo) y un nematodo. El taxón más abundante fue el anostráceo *B. media*.

- Índice ECELS:

Posee un buen estado de conservación. Los acúmulos de rocas rodean prácticamente la totalidad de la salada, quedando sólo la orilla sureste libre de ellos. Se forman grandes montones como consecuencia del despedregue de los campos colindantes y a menudo son colonizados por especies nitrófilas.

Es una salada de fácil acceso, ya que cuenta con pistas forestales a menos de 100 metros. De hecho, el día de muestreo se vieron huellas de vehículo que atravesaban la vegetación hasta llegar a la orilla. En época de desecación las huellas pueden verse incluso en el interior de la cubeta. En algunos puntos, los cultivos herbáceos extensivos de secano, afectan al litoral.

Forma parte del ámbito de la ZEPA Retuerta y Saladas de Sástago (ES0000181) y del LIC Monegros (ES2430082). Incluido en la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar en 2011.

El agua es transparente y se detectó en la orilla y al adentrarse en el agua un olor fuerte. Durante el muestreo se percibieron burbujas de gas en el fondo debido a la actividad microbiana y una puesta de rana que usaba como anclaje una salicornia. Además, se han visto excrementos y huellas en el barro de jabalí, así como una puesta de huevos del sapo *Bufo bufo* (ver fotos del anexo 4).



Tabla 13. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada Salineta. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

SALINETA					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	T <sup>a</sup> (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
13,29	8,57	16,3	<2	97,33	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
69,16	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones & Rast (1978)	72,94	Hipersalina
	Eutrofia	Eutrofia	Eutrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (n°ind/litro)	Taxones	Abundancia (n°ind/litro)		
<i>Navicula</i> sp.	95.644,05	<i>Branchinectella media</i>	0,07		
<i>Hantzschia</i> sp.	18.929,77	<i>Candelacypris aragonica</i>	0,2		
<b><i>Monoraphidium convolutum</i></b>	<b>132.923,04</b>	<i>Phthiraptera</i>	0,07		
<i>Johanseninema constrictum</i>	2.156,29	<i>Diptera</i>	0,2		
<i>Spirogyra</i> sp.	20,73	<b><i>Thripidae</i></b>	<b>0,27</b>		
<i>Spirulina</i> sp.	20,73	<i>Nematoda</i>	0,07		
<i>Oscillatoria</i> sp.	2.114,83				
Nº total de taxones = 7		Nº total de taxones = 6			
Categoría ECELS					
III. Mediocre					

- Parámetros físicoquímicos y estado trófico:

El valor de concentración de oxígeno es de los más altos registrado en las saladas monegrinas, por detrás únicamente de Salobral. En Salineta, igual que sucede en La Playa (16,4°C), se han registrado las temperaturas más baja de todas. Con 16,3 °C es la salada más fría. Es de las más saladas, con una conductividad de 72,94 mS/cm tan sólo queda por detrás de La Muerte y Pez. Se clasifica a Salineta como una laguna hipersalina. Tiene la mayor concentración de clorofila de todas las saladas de la plataforma. Con un valor de 69,16 µg/L su estado trófico corresponde a eutrofia, independientemente del autor que se consulte.

- Comunidad planctónica:

Junto con Salobral, es el único caso en el que no dominó ni *Navicula* sp ni *Pseudanabaena* sp, sino que lo hizo la especie *Monoraphidium convolutum*. En cuanto al zooplancton, se apreciaron abundancias bajas y similares para todos los taxones, pero los ejemplares de la familia *Thripidae* fueron un poco más abundantes que el resto.

- Índice ECELS:

Su estado de conservación es mediocre. Los acúmulos de piedras son frecuentes, así como los desechos procedentes de la actividad humana. Se usa como vertedero debido a su ubicación junto al polígono industrial “Lastra Monegros” y próxima a la población de Bujaraloz. Se han detectado neumáticos, plásticos, antiguos bidones ya oxidados, incluso efluentes líquidos. Es probable que por esta razón el agua poseyera un color amarillento y desprenda un olor muy fuerte, aunque esto último también se puede deber a que los barros son ricos en materia orgánica. El agua es muy turbia.

El acceso en vehículo es fácil, ya que se sitúa en la confluencia de las carreteras A-2105 a Sástago y A-230 a Caspe, y está señalizado desde el polígono anteriormente citado. Una vez se llega a la salada se pudo observar un panel informativo. Actualmente queda en pie, pese a su estado de ruina, una antigua infraestructura relacionada con la explotación de sal. No está incluida en la ZEPA Retuerta y Saladas de Sástago ni en el LIC Monegros. Tampoco está incluida en la Lista de Zonas Húmedas Ramsar.

Tabla 14. Resumen de resultados de los parámetros físico-químicos, estado trófico, comunidad planctónica y estado de conservación de la salada Salobral. En negrita el taxón más abundante del fitoplancton y zooplancton.

SALOBRAL					
Parámetros físico-químicos del agua					
O <sub>2</sub> disuelto (mg/L)	pH	T <sup>a</sup> (°C)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	CE (mS/cm)	
13,89	9,55	19,8	<2	43,93	
Chla (µg/L)	Estado trófico			Salinidad (g/L)	Tipología
2,43	Canfield (1983)	OCDE (1982)	Lee-Jones & Rast (1978)	29,32	Mesosalina
	Oligotrofia	Oligotrofia	Oligomesotrofia		
Comunidad planctónica					
Fitoplancton		Zooplancton			
Taxones	Abundancia (nºind/litro)	Taxones	Abundancia (nºind/litro)		
<i>Cryptophyta</i>	2.073,36	<i>Branchinecta media</i>	0,4		
<i>Navicula</i> sp.	6.469	<b><i>Brachionus plicatilis</i></b>	<b>279,2</b>		
<i>Cymbella</i> sp.	2.114,83	<i>Copepoda</i>	6,73		
<i>Hantzschia</i> sp.	4.188,18	<i>Ciliado</i>	0,07		
<i>Nitzschia acicularis</i>	20,73				
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	10.429				
<i>Monoraphidium</i> sp.	82,93				
<i>Phormidium</i> sp.	62,20				
<i>Oscillatoria</i> sp.	41,47				
<b><i>Nostoc</i> sp.</b>	<b>35.247</b>				
Nº total de taxones = 10		Nº total de taxones = 4			
Categoría ECELS					
III. Mediocre					

- Parámetros fisicoquímicos y estado trófico:

Salobral se caracteriza por ser la salada monegrina con el nivel más elevado de concentración de oxígeno y la más básica por su elevado pH. No tiene una conductividad eléctrica muy elevada, por lo que no es muy salina y se clasifica como una laguna mesosalina. Es la segunda salada de la plataforma con menos concentración de clorofila. Con un valor de 2,43 µg/L se trata de una salada oligotrófica u oligomesotrófica, según el autor que se tenga en cuenta.

- Comunidad planctónica:

En este caso dominó *Nostoc* sp. También fue abundante *Nitzschia sigmoidea*, pero en menor medida. Tan solo se identificaron tres taxones de zooplancton. Fue la única salada en la que se encontró un ciliado. Junto con la salada Pez, fueron las únicas saladas en las que apareció el rotífero *Brachionus plicatilis*. En Salobral además, este taxón fue el más abundante, presentando un número muy elevado de individuos por litro de agua. Le siguieron en abundancia los copépodos, *B. media* y el ciliado.

- Índice ECELS:

Salobral posee un mediocre estado de conservación. Se detectaron por toda la orilla acúmulos de rocas, restos de basuras urbanas y escombros, que modifican la morfología de la cubeta.

Se ubica cerca de la población de Bujaraloz, al norte de la carretera N-II. Se pudo acceder a ella con vehículo fácilmente gracias a la existencia de dos pistas forestales, al sur y al noroeste. Linda con naves industriales y una granja porcina, y gran parte de su perímetro es regadío. El agua es poco turbia y se detectó un olor fuerte. Al coger las muestras presentaba un color rojizo amarillento (como si fuera corrosión).

No figura como ZEPA ni como LIC, ni tampoco está incluida en la Lista Ramsar.

## 4.2. Composición del fitoplancton

Si se consulta la figura 10 se pueden ver los resultados de abundancia de cada uno de los taxones para cada salada.

*Navicula* sp. resultó ser el taxón dominante en la mayoría de las saladas estudiadas: Pez, Rollico, Camarón, Pueyo, La Muerte y Piñol. *Pseudanabaena* sp. fue el segundo taxón más abundante que dominó en dos saladas, Rebollón y La Playa. El taxón *Nostoc* sp. fue dominante en Salobral y *Monoraphidium convolutum* en Salineta, por lo que son las únicas saladas en las que no dominó ni *Navicula* sp ni *Pseudanabaena* sp. Por otro lado, *Spirogyra* sp., resultó ser el taxón menos abundante en cuatro de las saladas: Rollico, Rebollón, Pueyo y Salineta.

En total se recolectaron 26 taxones diferentes, la mayoría de ellos presentes en todas las saladas. Sin embargo, hay algunos taxones que únicamente se encontraron en alguna de las saladas: *Nostoc* sp., en Salobral, *Spirulina* sp. en Salineta, *Nitzschia closterium* en Camarón, *Amphora* en Rollico y *Crysophyta* en Pueyo.

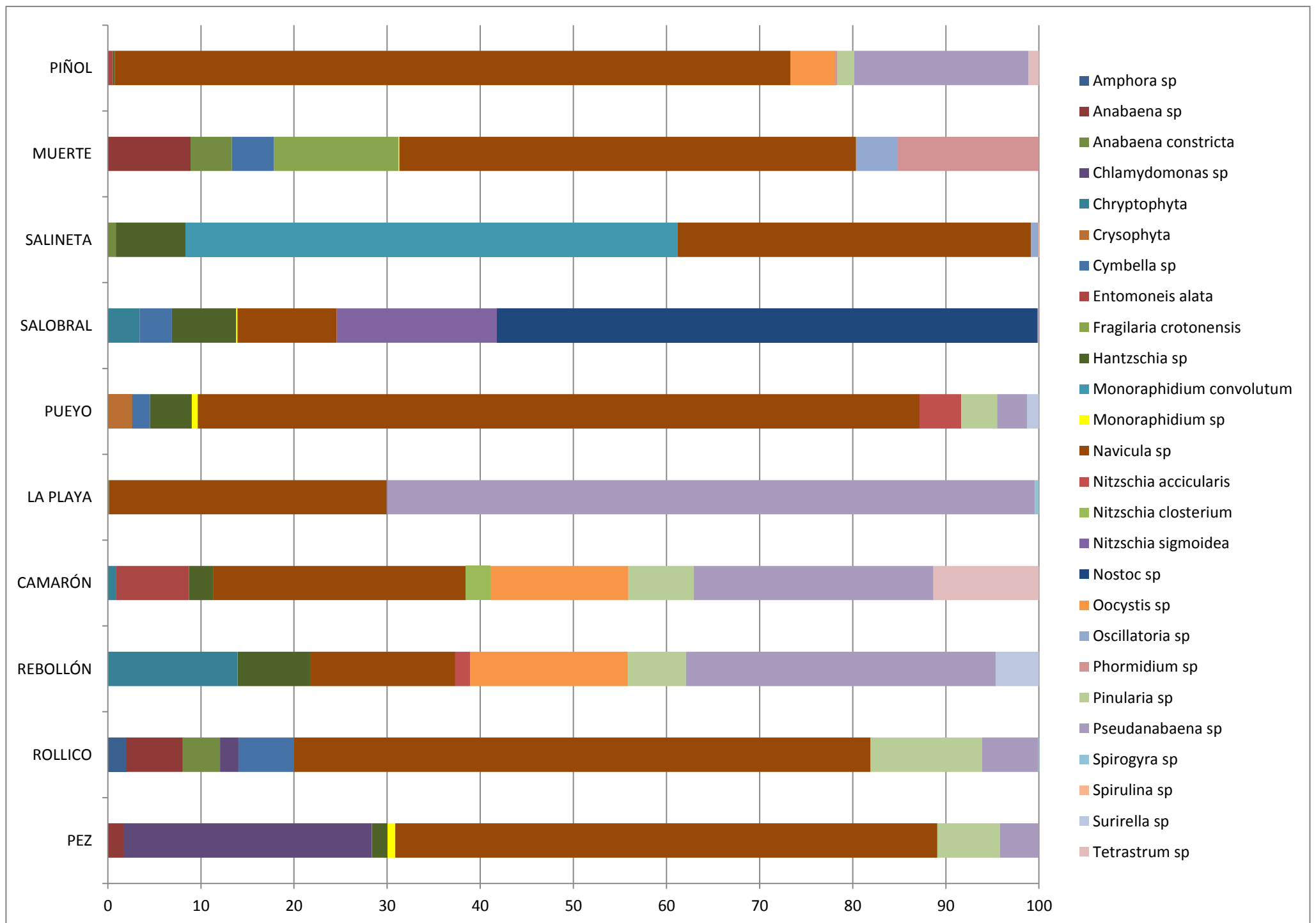


Figura 10. Gráfico de barras acumuladas con los porcentajes de abundancia de cada taxón para cada salada

### 4.3. Relación entre la composición del zooplancton y los parámetros físico-químicos

Para poder explicar relaciones entre diferentes variables se ha llevado a cabo un análisis de redundancia (RDA). A continuación se muestra el gráfico resultante tras introducir la tabla de resultados de los parámetros físico-químicos y los taxones de zooplancton para cada una de las saladas (Figura 11).

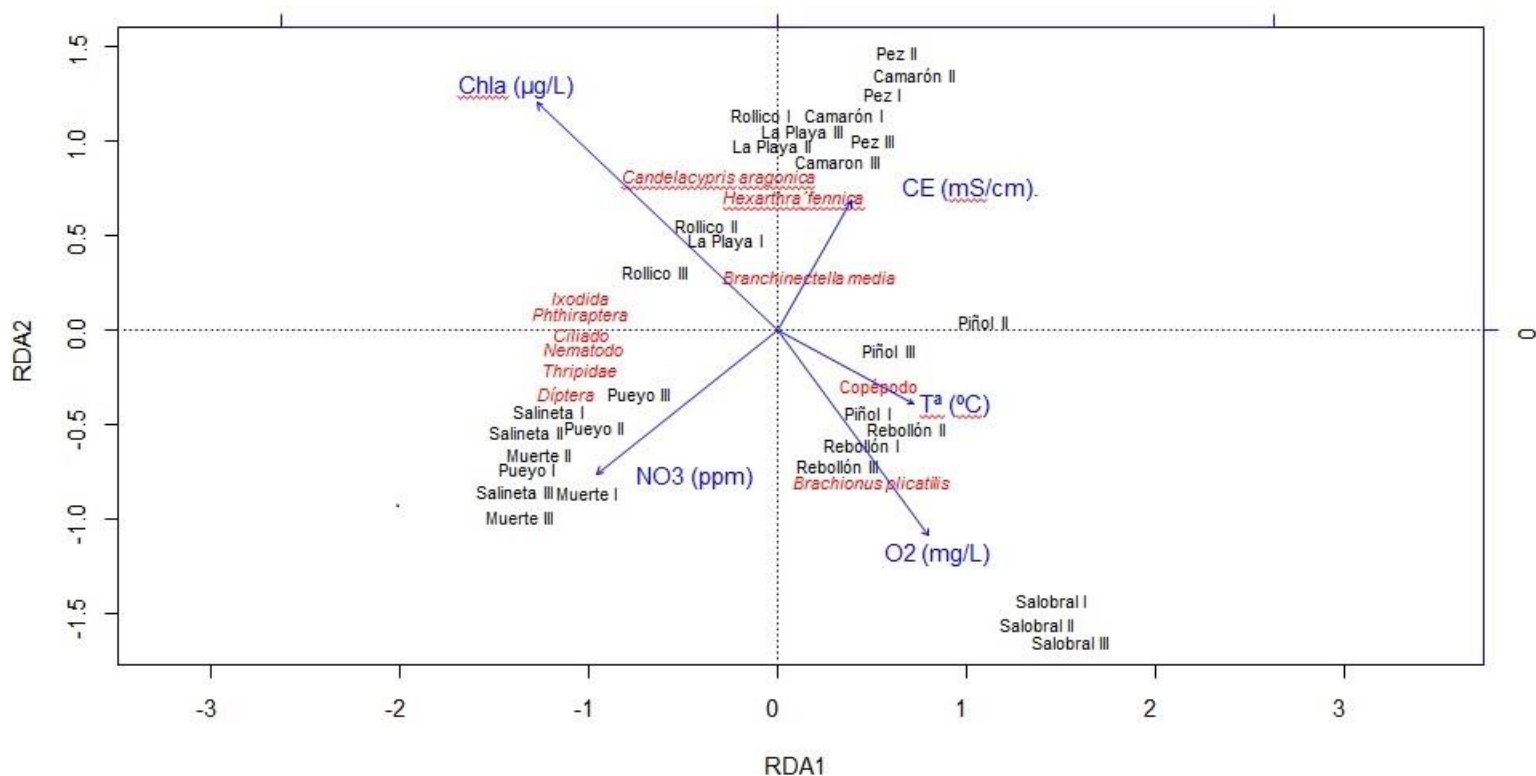


Figura 11. Bigplot de los dos ejes del RDA entre parámetros físico-químicos y zooplancton de las saladas estudiadas

Del gráfico se extraen los siguientes resultados:

- Se han extraído los dos primeros ejes del RDA, que explican un 94% de la varianza (72% el primero y 21% el segundo)
- La clorofila es el parámetro ambiental estudiado más importante, seguido del oxígeno disuelto.
- Para el Eje 1 (RDA1):
  - Los valores positivos del eje se relacionan con el oxígeno disuelto y la temperatura. Es decir, cuando los valores de este eje aumentan también lo hacen los valores de estos dos parámetros. Para valores positivos también se puede observar la dominancia de taxones como el rotífero *Brachionus plicatilis* y los copépodos. Por tanto, cuando aumenta la temperatura y el oxígeno dominan estos dos taxones.

- En cambio, cuando los valores del eje descienden, aumentan los valores de clorofila y nitratos, lo que podría significar situaciones de eutrofia para valores negativos del eje. En estas condiciones se puede ver la dominancia de ciliados, dípteros, nematodos, *Thripidae*, *Ixodida* y *Phthiraptera*.
- Para el Eje 2 (RDA2):
  - Los valores positivos del eje se relacionan con la clorofila y la conductividad eléctrica. Es decir, cuando los valores de este eje aumentan también lo hacen los valores de estos dos parámetros. Para valores positivos también se puede observar la dominancia en este caso de taxones como el rotífero *Hexarthra fennica*, el anostráceo *Branchinecta media* y el ostrácodo *Candelacypris aragonica*. Por tanto, cuando aumenta la clorofila y la conductividad dominan estos tres taxones.
  - En cambio, cuando los valores del eje descienden, aumentan los valores de nitratos, oxígeno disuelto y temperatura.

#### 4.4. Relaciones entre los parámetros fisicoquímicos y la abundancia de la comunidad planctónica (fitoplancton y zooplancton)

Se ha realizado un análisis de correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos y las abundancias del fitoplancton y del zooplancton.

Tras el análisis de correlaciones se ha comprobado que las únicas variables que poseen una relación significativa son las siguientes:

- La conductividad y la clorofila, cuyo valor de correlación es  $R= 0,6000$ ; con una significación marginal de  $p=0,0667$ . Se relacionan de una manera directa, de modo que cuando la conductividad eléctrica aumenta, la clorofila también lo hace.
- La conductividad y el zooplancton, con un valor de correlación de  $R= -0,6121$ ; con una significación marginal de  $p=0,06$ . En este caso, las variables se relacionan de una manera indirecta, por tanto, cuando la conductividad eléctrica aumenta, el número de individuos de zooplancton por litro disminuye.

No se ha encontrado ninguna correlación significativa entre los parámetros físico-químicos y la abundancia de fitoplancton.

#### 4.4. Revisión bibliográfica de las lagunas endorreicas españolas

Tras la revisión bibliográfica de casi 50 documentos (entre los que aparecen artículos científicos, tesis doctorales, catálogos regionales de zonas húmedas, informes oficiales de los gobiernos autonómicos sobre el estado ecológico de las aguas superficiales, fichas de humedales RAMSAR, entre otros), se extrajo la información útil y necesaria para la elaboración de la tabla 15, la cual pretende ser una aproximación al conocimiento de las lagunas salinas interiores españolas.

La distribución de las lagunas salinas españolas coincide con los principales focos endorreicos del país, la Depresión del Ebro, La Mancha (Duero, Tajo, Júcar, Guadiana y Segura) y la Depresión del Guadalquivir (Alcorlo, 1999). Por tanto, para la elaboración de la tabla 15 se buscó información de tres lagunas saladas representativas, pertenecientes a cada una de las cuencas hidrográficas españolas. Se ha seguido el mapa de cuencas del trabajo de Alonso (1998), por lo que se consideró como unidad conjunta la “Depresión Júcar-Segura”, y no como dos cuencas hidrográficas separadas. A continuación se detallan los resultados obtenidos tras la revisión de la bibliografía:

En la Cuenca del Ebro aparecen lagunas y charcas esteparias generalmente temporales y de mineralización variable (Alonso, 1998). Estas lagunas saladas se distribuyen en tres focos. Uno en la Rioja, sobre margas con areniscas, cuyas lagunas son la de Carravalesca y la de Carralagroño. Otro en la región de Bujaraloz-Chiprana-Alcañiz (Monegros, Zaragoza), sobre marcas y yesos. El tercero se ubica en Gallocanta, entre Zaragoza y Teruel (Alonso *et al.*, 2015).

En la Depresión del Júcar-Segura las lagunas saladas suelen ubicarse en el sector centro-oriental de la provincia de Albacete, sobre margas miocénicas, e incluye los términos municipales de Pétrola, Higuera y Corral Rubio. Las tres lagunas saladas seleccionadas en este caso pertenecen a cuencas endorreicas diferentes, pero muy cercanas unas a otras. A pesar de esto comparten varias características: la heterogeneidad de materiales que forman la litología donde se enclavan, y el aporte hídrico principalmente de origen subterráneo (López *et al.*, 2004).

Dentro de la Cuenca del Guadiana, el núcleo más importante de lagunas lo constituye el de La Mancha, sobre materiales miocénicos. Ocupan extensiones considerables, son de mineralización variable y normalmente temporales (Alonso, 1998). Cabe destacar el grupo de lagunas de Longar, Manjavacas y Larga de Villacañas, situado en el interior de un triángulo formado por los pueblos de Lillo (Toledo), Herencia (Ciudad Real) y Mota del Cuervo (Cuenca). Las tres lagunas seleccionadas en esta cuenca son temporales y con un carácter fluctuante que provoca la variación acusada de la salinidad según el volumen de agua presente (Guareschi *et al.*, 2015; CHG, 2007-2010).

Los focos lagunares más importantes de la Cuenca del Guadalquivir son: la laguna de Fuentedepiedra (provincia de Málaga), la más extensa y salada de las tres estudiadas en esta cuenca, las lagunas esteparias fuertemente mineralizadas en las cercanías de Puentegeñil-Benamejé (Córdoba), como la laguna Rincón del Muerto, y otro en la provincia de Sevilla, como la laguna del Gosque.



En la Cuenca del Tajo los sistemas salinos son escasos y se limitan a zonas de descarga que dan lugar a suelos húmedos sin lámina libre de agua (criptohumedales; Alonso *et al.*, 2015). Se ha recopilado información sobre tres lagunas pertenecientes a las tres provincias donde se localizan principalmente este tipo de lagunas, las cuales son: Salobral de Ocaña (provincia de Toledo), la Laguna de Rivas (provincia de Madrid) y La Laguna Ojo de Paredes (provincia de Guadalajara). La segunda es una antigua explotación de yeso, cuya cubeta se ha inundado con agua pluvial y de escorrentía procedente de los ambientes Terciarios occidentales al valle del Jarama (Álvarez *et al.*, 2000).

En la Cuenca del Duero hay dos núcleos importantes de lagunas esteparias, temporales, de mineralización variable y someras. El primero se sitúa sobre arcillas miocénicas e incluye una de las zonas húmedas más importantes de la península Ibérica: las lagunas de Villafáfila (provincia de Zamora), compuesta por tres lagunas grandes (Salina Grande, Barillos y Salinas) y otras más pequeñas entre los pueblos de Villarín y La Tabla. El segundo se desarrolla en el complejo de Coca-Olmedo, sobre margas yesíferas y terrenos margoarenosos (Velasco *et al.*, 2004). Cabe destacar en este conjunto la laguna Bodón Blanco (provincia de Valladolid) y Las Eras (provincia de Segovia).

Tabla 15. Tabla resumen de las principales características de las lagunas saladas españolas incluidas en el trabajo de revisión.

Lagunas	Término municipal	Cuenca hidrográfica	Superficie (ha)	Profundidad máxima (m)	Tipología de laguna según salinidad	CE (mS/cm)	O2 disuelto (mg/L)	pH	Chla (µg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	Estado de conservación (ECLS)
Rebollón (1)(*)	Sástago	Ebro	15,84	0,4 - 0,5	Hiposalina temporal	29,73	8,94	9,07	2,14	< 2	Muy buena
Rollico (1)(*)	Sástago	Ebro	40,81	0,4 - 0,5	Mesosalina temporal	37,1	8,28	8,16	18,09	< 2	Buena
Camarón (1)(*)	Sástago	Ebro	45,08	0,4 - 0,5	Hipersalina temporal	72,13	9,45	8,93	8,90	< 2	Buena
Piñol (1)(*)	Sástago	Ebro	15,66	0,4 - 0,5	Mesosalina temporal	51,57	10,26	8,58	6,75	< 2	Buena
La Muerte (1)(*)	Sástago	Ebro	18,18	0,4 - 0,5	Hipersalina temporal	104,07	8,55	8,25	12,62	7,30	Buena
Pez (1)(*)	Sástago	Ebro	9,6	0,4 - 0,5	Hipersalina temporal	103,77	8,88	8,43	13,74	< 2	Buena
La Playa (1)(*)	Sástago	Ebro	239,89	0,4 - 0,5	Hiposalina temporal	28,8	9,11	8,19	5,02	< 2	Buena
Pueyo (1)(*)	Sástago	Ebro	27,05	0,4 - 0,5	Hiposalina temporal	11,07	9,65	8,25	2,74	< 2	Buena
Salineta (1)(*)	Bujaraloz	Ebro	23,19	0,4 - 0,5	Hipersalina temporal	97,33	13,44	8,66	69,16	< 2	Mediocre
Salobral (1)(*)	Bujaraloz	Ebro	15,32	0,4 - 0,5	Mesosalina temporal	43,93	13,75	9,54	2,43	< 2	Mediocre
Salada Chiprana (1)(2)	Chiprana	Ebro	31,5	0,5 - 5,6	Mesosalina permanente	40,4	4,4	8,3	35	10,7	Muy buena
Salada de Pétrola (3)	Pétrola	Júcar	174	1 - 2	Hiposalina permanente	25,40	7,7	8,83	-	-	Mediocre
Laguna del Salobrelejo (3)	Higueruela	Segura	36	-	Hiposalina temporal	13,77	6,3	8,39	-	-	Buena
Laguna del Saladar (3)	Corral-Rubio	Segura	24,6	-	Hiposalina permanente	22	6	8,41	-	-	Mediocre
Laguna de Manjavacas (4) (5)	Mota del Cuervo	Guadiana	236	1	Hiposalina temporal	18,6	8,1	8,8	9,6	< 1,1	Mediocre
Laguna del Longar (4)	Lillo	Guadiana	96	1,5	Hipersalina temporal	99	6,1	9	32,6	< 1,1	Mediocre
Laguna del Prado (4)	Villacañas	Guadiana	51,55	0,6	Hiposalina temporal	25,65	12,9	8,9	19,3	< 1,1	Mediocre

Lagunas	Término municipal	Cuenca hidrográfica	Superficie (ha)	Profundidad máxima (m)	Tipología de laguna según salinidad	CE (mS/cm)	O2 disuelto (mg/L)	pH	Chla (µg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	Estado de conservación (ECLS)
Laguna del Gosque (6)	Martín de La Jara	Guadalquivir	43	0,2	Hipersalina temporal	92,3	7,54	8,60	2 - 4	-	Buena
Laguna Rincón del Muerto (6)	Baena	Guadalquivir	5,6	0,04	Hipersalina temporal	167,2	11,43	8,45	56,5	-	Mediocre
Laguna Fuentedepiedra (6)	Fuente de Piedra	Guadalquivir	1219	0,06	Hipersalina temporal	169,2	11,6	8,05	10	-	Deficiente
Salobral de Ocaña (7)	Ocaña- Ontígola	Tajo	314,64	< 1	Mesosalina temporal	32	-	8,59	-	-	Mediocre
Rivas (Las Yeseras) (7) (8)	Rivas-Vaciamadrid	Tajo	1	1	Hiposalina temporal	7,9-12,28	9,3-14,8	8,26-9,08	3-16	6,6	-
Ojo de Paredes (9)	Paredes de Sigüenza	Tajo	0,06	6,5	Hiposalina temporal	21,1	-	8,45	-	6,6	Buena
Salinas o de Villarín (10)	Villafáfila	Duero	70	0,4	Subsalina temporal	3,1	8,5	10	-	-	Buena
Las Eras (10)	Villagonzalo de Coca-Olmedo	Duero	7,3	1	Subsalina temporal	4,57	9,02	10,52	-	20,2	Mala
Bodón Blanco (10)	Bocigas	Duero	5,57	0,5	Subsalina temporal	2,42	8,62	10,88	-	1,5	Deficiente
Media	-	-	609,52	3,45	-	85,81	9,6	9,47	35,58	10,65	-
Rango	-	-	0,04-1219	0,4-6,5	-	2,42-169,2	4,4-14,8	8,05-10,88	2-69,16	<1,1-20,2	-

(\*) Datos propios (1) Balsa *et al.*, 1991 (2) Guerrero *et al.*, 1991 (3) López *et al.*, 2004 (4) CHG, 2007-2010 (5) Guareschi *et al.*, 2015 Z (6) Junta de Andalucía, 2007 (7) Álvarez *et al.*, 2000 (8) Álvarez *et al.*, 2005 (9) Velasco *et al.*, 2002 (10) Velasco *et al.*, 2004

Gracias a la consulta bibliográfica se pudieron extraer varias características comunes para todos los humedales salinos endorreicos que aparecen en la tabla 15:

- Se enclavan en lugares donde el clima es árido o semiárido, caracterizado por una escasa pluviometría que condiciona la ausencia de una red hidrológica definida. A las escasas precipitaciones se le suma la horizontalidad topográfica donde se asientan. Estos factores provocan la circulación de aguas superficiales hacia depresiones cerradas, formándose cuencas endorreicas, por lo que todas lagunas poseen este carácter endorreico.
- El aporte de agua, por tanto, proviene de la precipitación directa sobre sus cubetas, la escorrentía superficial por cauces no definidos en épocas de fuertes lluvias y el flujo subterráneo.
- Se asientan sobre materiales miocénicos, en general margas con intercalación de otros materiales como areniscas, yesos o calizas.
- Esta heterogeneidad de materiales permeables e impermeables favorece la existencia de acuíferos confinados con niveles piezométricos muy cercanos a la superficie, como ocurre en la Salada de Pétrola, Laguna del Saladar, entre otras.
- Generalmente las lagunas poseen un carácter muy somero. Como puede apreciarse en la tabla 15, la mayoría son poco profundas, de varios centímetros de profundidad, incluso alcanzando el metro en algunos casos. Por ejemplo, la Laguna Rincón del Muerto es de las más someras de todas, con tan solo 40 cm de profundidad, o la Laguna de Manjavacas, con un metro de profundidad. Esto no descarta el encontrar algunas saladas muy profundas, como la Salada de Chiprana, con 5,6 metros en algunos puntos, y la salada Ojo de Paredes, con 6,5 metros.
- La mayoría son lagunas temporales, aunque también existen otras permanentes, como la Salada de Chiprana, Salada de Pétrola y Laguna del Saladar.
- Son lagunas muy fluctuantes, por lo que su salinidad varía en función del volumen de agua que presente en cada momento, pudiendo ser desde subsalinas hasta hipersalinas. Estas oscilaciones pueden apreciarse en la tabla 15, donde el rango de valores para la conductividad eléctrica va desde 2,42 mS/cm, en el caso de Bodón Blanco, hasta 169,2 mS/cm en Fuente de Piedra.
- El rango de valores para el oxígeno disuelto varía desde 4,4 mg/L, en el caso de la Salada de Chiprana, hasta 14,8 mg/L para el caso de Rivas (Las Yeseras).
- Todas tienen pH básicos. El rango de pH varía desde 8,05, valor que corresponde a la Laguna Fuentedepiedra, a 10,88, valor que pertenece a Bodón Blanco. Los valores están comprendidos entre 8 y 11, lo cual denota el carácter alcalino de las aguas.

- Los datos de concentración de clorofila y nitratos han sido difíciles de encontrar, ya que en los estudios consultados de cada salada aparecen varios parámetros fisicoquímicos que han sido determinados, pero no concretan en cuestión. A pesar de ello, se ha podido establecer, con los datos disponibles, un rango de valores para ambos. Como ocurre con la conductividad eléctrica, los datos de clorofila y nitratos se caracterizan por ser muy variables, por lo que se encuentran valores que van desde 2µg/L en la Laguna del Gosque, hasta 66,16 µg/L en Salineta, para la clorofila, y valores desde <1,1 mg/L, como en todas las lagunas de la cuenca del Guadiana, hasta 20,2 mg/L en Las Eras, para nitratos.
- En las inmediaciones de todas las lagunas aparecen campos de cultivo. En algunos casos afectando incluso al fondo de la cubeta, en otros casos sólo al litoral. De cualquier modo, los cultivos constriñen las lagunas cada vez más, alterando su morfología y disminuyendo su superficie, como es el caso de la Laguna Rincón del Muerto, Las Eras y Rollico, entre otras.
- Además de este impacto, las lagunas también sufren la contaminación de sus aguas por diferentes motivos: vertidos de origen agrícola, como ocurre, por ejemplo, en la Laguna del Gosque, Salobral y Las Eras, vertidos de origen industrial como en Salineta, y vertidos de aguas residuales de origen urbano, como en Fuentedepiedra.
- A pesar de esto, 11 lagunas saladas de las 26 estudiadas poseen un buen estado de conservación. Si bien es cierto que no se ha encontrado el estado de conservación de la laguna Rivas, por lo que para hacer el porcentaje se han considerado las 25 lagunas estudiadas con datos disponibles. En el gráfico circular (figura 16) que se muestra a continuación pueden verse los porcentajes de saladas que pertenecen a cada categoría ECELS. El 44% de los humedales estudiados poseen un buen estado de conservación. Tan sólo el 8% se encuentran muy bien conservadas. El 36% tiene un estado de conservación mediocre, el 8% deficiente y tan sólo el 4% tiene un mal estado de conservación.

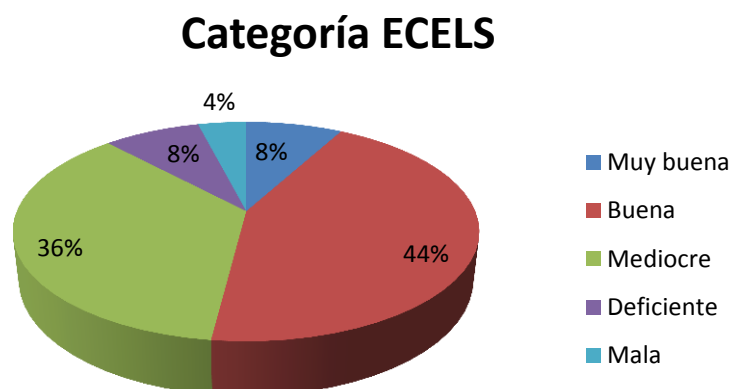


Figura 16. Porcentaje de las saladas estudiadas correspondiente a cada categoría del índice ECELS.

Al comparar las saladas monegrinas con el resto de lagunas saladas de España se tuvieron en cuenta los rangos para cada parámetro estudiado, elaborados anteriormente gracias a los datos recopilados en la tabla 15. Los resultados son los siguientes:

- Siete de las diez saladas estudiadas poseían valores dentro del rango de oxígeno disuelto. Estas saladas son: Rebollón, Rollico, Camarón, Pez, La Muerte, La Playa y Pueyo. Las tres restantes contenían elevadas concentraciones de oxígeno en el agua. De hecho, Salobral fue la segunda salada peninsular con más oxígeno, únicamente por detrás de Rivas (Cuenca del Tajo).
- En cuanto al pH, la gran mayoría, exceptuando Camarón y Salobral, se encontraron cerca del valor mínimo, por lo que son de las lagunas menos alcalinas de la Península. Camarón y Salobral poseían un pH cercano al límite superior del rango, por lo que se trata de las lagunas saladas españolas más alcalinas.
- Todas mostraron valores elevados de conductividad aunque no fueron las más saladas de España. Algunas como Salineta, Pez y La Muerte fueron de las más saladas de la Península, ya que sus valores de conductividad se encontraron próximos al límite. Es más, La Muerte fue la tercera laguna más salada de España, y Pez, la cuarta. En primer lugar aparece la laguna de Fuentedepiedra y en segundo lugar Rincón del Muerto, ambas pertenecientes a la Cuenca del Guadalquivir.
- Salineta fue la salada con mayor concentración de clorofila de la Península, junto con Rincón del Muerto, mientras que Rebollón fue de las que poseían menor concentración. El resto de lagunas poseían valores dentro del rango.
- En cuanto a la concentración de nitratos, todas saladas monegrinas poseían concentraciones muy pequeñas, incluso La Muerte, única salada en la que la concentración de nitratos fue superior a 2 ppm. A pesar de esto, todas se caracterizaron por tener bajas concentraciones en comparación con las lagunas españolas incluidas en la revisión.

## 5. Discusión

### 5.1. Las lagunas saladas de Los Monegros

Las lagunas saladas son ecosistemas forzados que soportan frecuentes perturbaciones ambientales, como la elevada y fluctuante concentración de solutos y la temporalidad del medio (Alcorlo, 1999). Gracias al estudio de los parámetros abióticos y bióticos en las lagunas saladas de Los Monegros se pudo comprobar el carácter variable de estos ambientes tan peculiares.

#### 5.1.1. Parámetros físico-químicos

En Los Monegros existen desde lagunas hiposalinas hasta hipersalinas. La variación de la salinidad es posible que se deba a la mayor o menor disolución de los elementos solubles presentes en la geología donde se asientan, formada básicamente por los mismos materiales (yesos y calizas). Esta disolución de los materiales está relacionada con el tiempo de residencia del agua en las cubetas, por lo que aquellas saladas que son más permanentes poseen, generalmente, elevados valores de conductividad eléctrica, ya que la presencia de agua favorece la disolución de los materiales. Además, cuando las saladas contienen unos pocos centímetros de agua, es posible que su elevada conductividad se deba al contacto de ese agua con el sustrato salino durante el tiempo necesario para redissolver una cantidad notable de depósito salino (Alcorlo y Baltanás, 1999). El tiempo de residencia del agua en las cubetas dependerá de la duración del ciclo hidrológico, ya que éste está ligado a los procesos físicos de evaporación-concentración de sales, provocados por la capacidad evaporante de la atmósfera en cada momento. Se comprobó también que la conductividad eléctrica es un parámetro muy importante en estos ambientes, ya que se relaciona significativamente con el estado trófico y la comunidad planctónica, como se detalla en el siguiente apartado.

El contenido en sales no es el único parámetro ambiental variable en estas lagunas. Las saladas estudiadas también mostraron diferentes concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, que iban desde valores comprendidos entre 8,02 y 13,89 mg/L. Se pudo comprobar que la temperatura influía en la solubilidad del oxígeno y en el metabolismo de los organismos (respiración). Así, en aquellas saladas donde las temperaturas fueron elevadas se observó menor concentración de oxígeno en el agua, por ejemplo, en Rebollón. Por otra parte, los elevados valores de concentración de oxígeno que se detectaron en Piñol, Pueyo, Salineta y Salobral (véase el gráfico resultante del RDA; Figura 11), pueden ser debidos a la existencia de una mayor circulación del agua en las saladas o también a una mayor tasa de producción primaria. En Piñol y Pueyo esta situación podría explicarse debido a la acción del viento, que favorece la turbulencia del agua de las cubetas y permite una mayor oxigenación. En Salineta y Salobral, es muy posible que la elevada concentración de oxígeno se deba a los aportes de efluentes procedentes de las actividades agrícolas e industriales colindantes.

Se observó que en las saladas donde la temperatura fue elevada, la turbidez era menor. La turbidez del agua pudo observarse durante la recogida y tratamiento de las muestras (en campo y posteriormente en laboratorio) y durante la determinación del índice de conservación ECELS. Según Alcorlo y Baltanás (1999), también influye la acción del viento, el cual arrastra y remueve sedimentos.

Cabría pensar entonces que, aquellas saladas que queden expuestas a la acción del viento posean un agua más turbia que aquellas que estén protegidas. Pues bien, esto se pudo comprobar en algunas de las saladas estudiadas (como en La Playa y Camarón), pero no en todas, ya que en La Muerte, salada cuyo talud situado en la zona noroeste protege de la acción del viento, se encontraron muchos sólidos disueltos y mucho sedimento en las muestras de agua. Esto podría explicarse por la dirección del viento cambiante.

En cuanto al pH, todas saladas mostraron elevados valores debido a su elevada concentración de sales en el agua, confiriéndole al agua la capacidad para absorber protones (alcalinidad) y favorecer la precipitación de sales.

Todas saladas estudiadas poseían menos de 2 ppm de nitratos en el agua, excepto La Muerte, con 7,3 ppm. Quizá esta diferencia que la separa de sus congéneres, se deba al arrastre de nutrientes a través del talud del extremo noroeste hasta su evacuación en la cubeta de dicha salada, lo que favorecería la circulación de agua y la entrada de nutrientes. Es la única salada que posee este tipo de talud tan elevado y a poca distancia del fondo de la cubeta y, tal vez por esa razón, se haya encontrado una concentración de nitratos más elevada.

### **5.1.2. Estado trófico y comunidad planctónica**

En cuanto al estado trófico, en Los Monegros se pudieron encontrar desde lagunas oligotróficas hasta eutróficas debido al amplio rango de concentración de clorofila-*a*. Tanto en el RDA como en el análisis de correlaciones, se obtuvo una relación directamente proporcional entre la concentración de clorofila-*a* y la conductividad eléctrica, de modo que cuando la conductividad aumenta, también lo hace la clorofila-*a*. Según Margalef (1983), situaciones de estrés, como la elevada salinidad, aumentan la concentración de este parámetro. Esta relación, también podría explicarse debido a la existencia de una situación de confinamiento en algunas saladas (como Pez, La Playa y Camarón), la cual se debe a una menor circulación de las aguas y provoca la acumulación de sales y nutrientes, que favorecen la producción primaria (Ávila *et al.*, 2016).

En los lagos poco profundos, como sucede en este estudio, y con un alto nivel de confinamiento, se ha descrito el control de nutrientes como el principal proceso que controla el crecimiento del fitoplancton (López-Flores *et al.*, 2006). Sin embargo, en este estudio, no se encontró ninguna relación significativa que relacionase la abundancia del fitoplancton con los parámetros físico-químicos determinados. En todo caso, si se utiliza la concentración de clorofila-*a* con como indicador de la biomasa de fitoplancton presente, la relación directa entre conductividad eléctrica y clorofila-*a*, podría explicarse por la presencia de taxones resistentes a la salinidad elevada, cuya dominancia y desarrollo se ve favorecido por la exclusión de otros organismos menos tolerantes (Zein and Mahmoud, 2014). Las diatomeas (*Bacillariophyceae*) han sido el principal taxón encontrado en las saladas (*Navicula* sp., *Pinularia* sp., *Hantzschia* sp., *Cymbella* sp., *Nitzschia accicularis*, entre otras), seguido de las cianobacterias (*Cyanophyceae*) como *Anabaena* sp. y *Pseudanabaena* sp., debido a que estos organismos suelen predominar en aguas con alta salinidad (Donadel *et al.*, 2016).



Cabría pensar, que al aumentar la biomasa de fitoplancton en el agua, el zooplancton también lo hiciera, debido a la mayor disponibilidad de alimento en el agua, sin embargo, no es así. Esto se debe a que la abundancia del zooplancton se relaciona significativamente con la conductividad eléctrica, y no con la clorofila, como se explica seguidamente.

El análisis de correlaciones también mostró que la conductividad era el principal factor ambiental que influía en la abundancia del zooplancton. El aumento de la conductividad debido a la posible situación de confinamiento, influía indirectamente en la abundancia del zooplancton. De manera que, al aumentar la conductividad, disminuía la abundancia del zooplancton. Varios estudios demuestran que las variaciones en las concentraciones de sal contribuyen en gran medida a los cambios en la abundancia y la distribución de las comunidades de zooplancton, llevando a la extinción de algunas especies y a la aparición de otras (Silva *et al.*, 2009), ya que estas variaciones pueden contribuir a la escasez de alimentos, afectando así a la abundancia del zooplancton (Paturej and Gutkowska, 2015). Así, en aguas salinas se promueve el desarrollo y dominancia de rotíferos y crustáceos de pequeño tamaño (Bruce *et al.*, 2009; Jeppesen *et al.*, 1994). Esto pudo comprobarse en los resultados de este proyecto, ya que en situaciones de confinamiento, con elevada conductividad, los taxones dominantes fueron *Hexarthra fennica*, *Candelacypris aragonia* y *Branchinecta media* (Figura 11 del RDA).

Estas variaciones en la abundancia de los taxones se deben básicamente a las condiciones físico-químicas del agua y al estado trófico. Por ejemplo, en aguas eutróficas se favorece más a los rotíferos que a los copépodos. Los rotíferos también son capaces de resistir pHs elevados (Margalef, 1983). Esto se pudo comprobar en varias saladas estudiadas. En Camarón, laguna hipersalina, mesotrófica-eutrófica (según el autor que se consulte, véase tabla 3) y con un pH elevado, se recolectó el rotífero *Hexarthra fennica* y no se observó ningún copépodo. En Pez, con las mismas características que Camarón, además de encontrarse en dominancia el rotífero *H. fennica* también se recolectó el rotífero *Brachionus plicatilis*. En contraposición a esta situación, en aquellos sistemas oligotróficos-oligomesotróficos como la salada Rebollón, se observó la dominancia de los copépodos.

Sin embargo, esto no se extiende a todas las saladas. En Salobral, sistema mesosalino y oligotrófico, el rotífero *B. plicatilis* dominó frente al resto de taxones. Si bien es cierto que también se recolectaron copépodos. Esto podría ser debido a que la variable que condiciona la presencia de este taxón en la laguna no es el estado trófico, si no otras como el oxígeno disuelto o la conductividad eléctrica.

El estado trófico también se relaciona con la estructura de cadena trófica de la laguna. En sistemas oligotróficos se compone de más taxones cuyas abundancias relativas son similares, mientras que en sistemas eutróficos hay menos especies y la dominancia queda concentrada en unas pocas de ellas (Alonso *et al.*, 2015). Sin embargo, hay que tener en cuenta que en este proyecto se estudiaron sistemas muy salinos y fluctuantes, por lo que las especies capaces de colonizar estos ambientes deben tener estrategias de supervivencia acordes a las variaciones en el sistema, como por ejemplo, la temporalidad o la elevada salinidad. Por tanto, el número de especies capaces de desarrollarse en las saladas se espera que sea muy reducido (Alcorlo, 1999).

Los resultados obtenidos lo corroboraron, las diferencias entre saladas se debieron básicamente a la abundancia de los taxones y no a la diversidad. Es decir, se han encontrado básicamente los mismos taxones en las diez saladas muestreadas pero con variaciones en su abundancia.

### *5.1.3. Estado de conservación*

En cuanto al estado de conservación de las saladas, la mayoría se encuentran en buen estado de conservación, a excepción de Salineta y Salobral. Cabría pensar que es debido a que son las únicas saladas que no pertenecen a ninguna figura de protección, pero el hecho de estar protegidas no conlleva una buena conservación. Esto dependerá de la gestión (activa o no) del espacio. El estado de conservación de estas dos saladas es resultado de su alta vulnerabilidad frente a diversos factores.

Salineta, por ejemplo, se ubica al lado del polígono industrial en expansión “Lastra Monegros”, por lo que le llegan diversos contaminantes, como efluentes líquidos y restos de la actividad industrial y humana. Además, se encuentra en el sector VIII de Monegros II, zona prevista para la puesta en regadío. Salobral se localiza en el sector IV de Monegros II, una zona de regadío en explotación, por lo que parte de su perímetro ya se ve afectado por el riego de aspersion que hay implantado en los cultivos colindantes. El régimen hídrico y la composición química del agua de esta salada está condicionada, por tanto, a los efluentes procedentes del riego de los cultivos (Conesa *et al.*, 2011). Salobral, además, linda al norte con una granja porcina y al oeste con una nave industrial, por lo que también le llegan restos de basuras y efluentes líquidos de ambas, dándole a sus aguas un color rojizo y un olor muy desagradable.

Cabría esperar, entonces, que la concentración de nitratos en el agua de estas dos saladas fuese elevada, sin embargo, tras obtener los resultados, se comprobó que no es así. Esto posiblemente se deba a la resiliencia que poseen estos sistemas fluctuantes y a su capacidad de respuesta ante las perturbaciones. El nitrato, además, forma parte de los nutrientes presentes en el agua y por tanto, su alta o baja concentración en el agua podría estar relacionada con la cantidad de fitoplancton presente en la salada.

A pesar de ser Salineta y Salobral las saladas peor conservadas, se han podido detectar varios impactos comunes para las diez saladas estudiadas, como el abandono y deterioro de sus cubetas debido al acúmulo de piedras procedentes del despedregue de los campos y el laboreo excesivo por su perímetro, que alteran su morfología y reducen su superficie.

## 5.2. Las lagunas saladas de España y su relación con las monegrinas

La presencia de lagunas saladas interiores en España es característica y frecuente debido a la conjunción de varios factores, tales como el clima árido y semiárido, la ausencia de una red hidrográfica definida debido a las escasas precipitaciones típicas de estos climas, la existencia de una zona de aguas subterráneas muy superficial, la impermeabilidad (en mayor o menor medida) de los materiales geológicos donde se asientan y, por último, la horizontalidad del terreno. Todos estos factores juegan un importante papel en la formación de lagunas salinas de interior, ya que favorecen el embalsamiento de las aguas en cuencas endorreicas. Es por eso que se localizan en los focos endorreicos del país.

La gran mayoría son temporales, pero también las hay permanentes, aunque con oscilaciones en el nivel de agua, como ocurre en la Salada de Pétrola y en la Salada de Chiprana. Esto se debe, entre otros factores, a que el aporte hídrico de estas lagunas proviene principalmente de aguas subterráneas (López *et al.*, 2004, Balsa *et al.*, 1991). Otro factor influyente en la permanencia de agua en las lagunas es la profundidad, como se puede observar en la Salada de Chiprana, que posee varios metros de profundidad (Balsa *et al.*, 1991). La temporalidad de las aguas es un factor que depende del balance de entradas y salidas en la laguna, pero también de la profundidad, de manera que la profundidad mínima necesaria para mantener aguas permanentes es de aproximadamente 2 metros (Alonso, 1998). En España se pueden encontrar desde lagunas subsalinas hasta hipersalinas, dependiendo de los materiales donde se asienten, ya que el carácter salino que poseen se debe mayormente al contenido de elementos solubles en la geología, aunque también hay que tener en cuenta otros factores como la escasa permeabilidad de los acuíferos y un nivel piezométrico muy superficial (López *et al.*, 2004). Estos factores condicionan su conductividad eléctrica y por tanto su salinidad.

La temporalidad y conductividad de las lagunas son dos factores relevantes que determinan la composición y estructura de la comunidad planctónica y, por tanto, de la red trófica asociada a ésta (Ávila *et al.*, 2016; López-Flores *et al.*, 2014). Todas estas características ponen de manifiesto el carácter fluctuante de estos ecosistemas salinos.

Las lagunas saladas del Guadalquivir y las de Monegros son las que presentan mayores similitudes debido a sus parámetros fisicoquímicos, como su elevada conductividad, aunque las del Guadalquivir son ligeramente más saladas. También comparten concentraciones de clorofila similares.

Como sucedía en las saladas de Los Monegros, la mayoría de saladas peninsulares estudiadas poseen un buen estado de conservación. El mal estado que presentan ciertas lagunas como Las Eras (Cuenca del Duero), Fuentedepiedra y Rincón del Muerto (Cuenca del Guadalquivir), puede deberse a la presencia de campos de cultivo en sus inmediaciones, que afectan a la cubeta de la laguna, y a los vertidos tanto de origen industrial como agrícola.

### 5.3. El porqué de la conservación

Los humedales salinos de interior, como se ha visto, poseen características muy peculiares y son un reservorio de biodiversidad, y además, nos ofrecen una serie de servicios ambientales. A pesar de su variabilidad ambiental, son ecosistemas resilientes debido a su capacidad de respuesta ante las perturbaciones. Su singularidad se ha puesto de manifiesto a través de numerosos estudios en regiones áridas de los cinco continentes (Valero, 1999).

Las saladas de Los Monegros, y no sólo ellas, sino toda la comarca, poseen una serie de valores ambientales y culturales que hacen necesaria su conservación y protección, así como su consideración en las políticas de conservación. Precisamente, la participación humana en la conformación de los paisajes explica la componente cultural de los mismos, algo que resulta evidente en Los Monegros (Cáncer, 1999). Poseen una biota muy peculiar, adaptada a las condiciones ambientales extremas actuales tras millones de años de evolución (Comín, 1999). A su calidad paisajística y peculiaridad de los ecosistemas desde el punto de vista biológico, se une el interés científico como laboratorios naturales donde ocurren procesos geológicos en condiciones extremas y como registros de los cambios ambientales y climáticos durante los últimos miles de años (Valero, 1999).

En Los Monegros existe un mosaico de ambientes que son comparables a las estepas asiáticas y eurosiberianas, del altiplano andino, del Rift africano, de las praderas de Norteamérica y de las grandes depresiones australianas (Comín, 1999). El hecho de que la mayoría de saladas que forman el conjunto endorreico se encuentren protegidas, ya sea ZEPA, LIC o Humedal Ramsar, no les salva de su deterioro y abandono, tanto por parte de la población, como de las políticas gubernamentales medioambientales. La falta de información y divulgación de sus valores a la población conlleva al descrédito social, por lo que sería necesaria la educación ambiental para poder poner de manifiesto la importancia de la conservación de estos enclaves únicos en Europa.

Al ser ecosistemas fluctuantes es necesaria la recopilación continuada de datos a lo largo del tiempo para poder establecer un patrón de funcionamiento que explique el comportamiento de estos ambientes frente a las perturbaciones ambientales. No es suficiente con muestreos puntuales para poder explicar la respuesta de estos sistemas ante las tensiones. Su preservación y estudio son el primer paso para aproximarse al conocimiento de estos sistemas tan peculiares, y son una herramienta muy útil a la hora de gestionar adecuadamente el espacio para que su conservación sea posible, así como para que la convivencia con el resto de usos sea sostenible. El hecho de tener un mayor conocimiento sobre estos ecosistemas permitirá una justa valoración sobre ellos. Los paisajes esteparios han sido considerados durante mucho tiempo como zonas monótonas y homogéneas asociadas a una escasa o nula biodiversidad y que, por tanto no merecen ser conservados. Sin embargo, se ha puesto de manifiesto la heterogeneidad en sus paisajes y la mayor diversidad que eso conlleva.

En definitiva, Los Monegros atesoran un sinfín de elementos biológicos, geológicos, florísticos y faunísticos exclusivos en el continente europeo y de gran interés, por lo que se caracterizan por ser ricos en biodiversidad. Por tanto, son ecosistemas dignos de preservar en nuestro paisaje y no podemos permitir que caigan en el abandono.

## 6. Conclusiones

Tras realizar la discusión de los resultados, ha sido posible la extracción de varias conclusiones en relación a los objetivos iniciales propuestos:

1. Como era de esperar, existe una elevada variabilidad en los parámetros físico-químicos del agua, así como en la comunidad planctónica, debida a las características fluctuantes de estos ecosistemas.
2. La conductividad eléctrica es un parámetro físico muy importante que influye, en mayor o menor medida, sobre el resto de parámetros. En este estudio, se ha visto que además, condiciona la concentración de clorofila, de forma positiva, y la abundancia del zooplancton en el agua de las saladas de forma inversa.
3. El estado trófico, expresado como concentración de clorofila-a, aumenta en situaciones de confinamiento, marcadas por una elevada salinidad, propia de las saladas Pez, Camarón, Rollico y La Playa. Por otra parte, una mayor circulación del agua, relacionada con la presencia de nitratos y la oxigenación, se hace evidente en saladas como Rebollón, Salobral, La Muerte o Salineta, entre otras.
4. Las diferencias en la comunidad planctónica entre saladas se deben básicamente a la abundancia de los taxones y no a la composición. Si bien es cierto que también, excepcionalmente, se han encontrado taxones exclusivos de una salada concreta. Existe una mayor diversidad de fitoplancton frente al zooplancton.
5. Los principales taxones encontrados son *Navicula* sp., *Pinularia* sp., *Hantzschia* sp., *Anabaena* sp., y *Pseudanabaena* sp., para el fitoplancton, y las especies *Candelacypris aragonica* y *Branchinecta media* para el zooplancton.
6. El estado actual de conservación (ECELS) de las saladas monegrinas es bueno, a excepción de Salineta y Salobral, cuyo estado de conservación es mediocre.
7. La principal amenaza para la conservación de las saladas es el abandono y deterioro de sus cubetas debido al acúmulo de piedras procedentes del despedregue de los campos y al laboreo excesivo que afecta al perímetro y la superficie de las saladas. Además, se ubican en el sector VIII de Monegros II, zona prevista para la puesta en regadío.
8. Además de estos impactos, en Salineta y Salobral, el mediocre estado de conservación se debe a los vertidos procedentes de la actividad industrial, agrícola y humana, provocando la contaminación y alteración de sus aguas.

9. A excepción de Salineta y Salobral, el resto de saladas pertenecen a varias figuras de protección: LIC Monegros (ES2430082), ZEPA Retuerta y Saladas Sástago (ES0000181) e incluídas en la Lista de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar. Sin embargo, no tienen una gestión activa del espacio, por lo que se encuentran en un estado de abandono y desconocimiento por parte de la población. Desde 2006 se espera que sea aprobado el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Zonas Esteparias de Monegros Sur (sector occidental).
10. Las saladas de Los Monegros comparten más similitudes que diferencias con el resto de lagunas saladas peninsulares, como es lógico, ya que son ambientes prácticamente con las mismas características. Aun así, tras la revisión bibliográfica, se ha visto que comparten mayores similitudes con las saladas de la Cuenca del Guadalquivir.
11. A pesar de haber encontrado mucha información sobre las saladas de Los Monegros, se ha notado la redundancia en la bibliografía. Es necesario un mejor conocimiento científico de los ecosistemas para poder gestionarlos de una manera eficiente y saber transmitir esos valores al resto de la población.

## 7. Agradecimientos

Agradecer a Rocío la oportunidad de llevar a cabo este trabajo y por los conocimientos transmitidos.

A todos los profesores, personal de laboratorio y biblioteca de la Escuela Politécnica Superior de Huesca que me han dedicado parte de su valioso tiempo: Cuchí, Jose Antonio, Jose María, Raquel, Jesús y Luis.

Muchas gracias a las personas que me han ayudado y acompañado a alguno de los muestreos: Iván, Beatriz, Clemente y Pilar.

A mi madre Lourdes, sobre todo a ella, ya que sin su apoyo y compañía durante todo el proceso, el tiempo y esfuerzo invertido en este trabajo no hubiera sido posible.

A todos muchas gracias.

## 8. Bibliografía

- Abril, N., Bárcena, J.A., Fernández, E., Galván, A., Jorrín, J., Peinado, J., Toribio, F. y Túnez, I. (2015). *Espectrofotometría: espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. Recuperado el 21 de junio de 2017 de <http://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/practicasgenerales.htm>]
- Alcorlo, P. (1999). *Redes Tróficas en Lagunas Salinas Temporales de la comarca de Los Monegros* (Zaragoza). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Alcorlo, P y Baltanás, A. (1999). Limnología de las lagunas salinas de Los Monegros y caracterización de sus comunidades animales. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 24, 113-120.
- Alcorlo, P, Baltanás, A. y Montes, C. (2001). Food-web structure in two shallow salt lakes in Los Monegos (NE Spain): energetic vs dynamic constraints. *Hydrobiologia*, 466, 307-316.
- Alcorlo, P y Baltanás, A. (2004). *Distribución de Candelacypris aragonica y otros crustáceos de interés en las saladas de Monegros*. [Zaragoza]: Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zaragoza. Recuperado el 21 de abril de 2016 de [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/1135/16585\\_Informe%20Candelacypris%20%28Baltanas%20%26%20Alcorlo03%29.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/1135/16585_Informe%20Candelacypris%20%28Baltanas%20%26%20Alcorlo03%29.pdf?sequence=1)
- Alonso, M (1998). Las lagunas de la España Peninsular. *Limnética* 15, 1 -176.
- Alonso, M., Palau, A., Pedrocchi, V., Pau, R. y Palau-Nadal, A. (2015). *Islas de agua en tierras de sed: lagos esteparios*. [Madrid]: Endesa, S.A. Recuperado el 25 de abril de 2016 en [https://www.researchgate.net/publication/289527538\\_Islas\\_de\\_agua\\_en\\_tierras\\_de\\_sed\\_lagos\\_esteparios](https://www.researchgate.net/publication/289527538_Islas_de_agua_en_tierras_de_sed_lagos_esteparios)
- Álvarez, M., García-Aviles, J. y Ortega, E. (2005). El plancton de las lagunas de gravera y el fósforo: el enriquecimiento de las paradojas. *Limnetica*, 24 (1-2), 67-82
- Álvarez, M., Riobos, P., Himi, Y., Sánchez, S., García-Aviles, J. e Hidalgo, J. (2000). *Estudio físico-químico de los ambientes estancados del Parque Regional del Sureste de la Comunidad de Madrid*. Madrid: Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid. Recuperado el 8 de agosto de 2017 de [https://www.researchgate.net/publication/293783226\\_Estudio\\_fisico-quimico\\_de\\_los\\_ambientes\\_estancados\\_del\\_Parque\\_Regional\\_del\\_Sureste\\_de\\_la\\_Comunidad\\_de\\_Madrid](https://www.researchgate.net/publication/293783226_Estudio_fisico-quimico_de_los_ambientes_estancados_del_Parque_Regional_del_Sureste_de_la_Comunidad_de_Madrid)
- Álvarez, S., Díaz, P., López-Archilla, A.I. y Guerrero, M.C. (2006). Phytoplankton composition and dynamics in three shallow temporary salt lakes (Monegros, Spain). *Journal of Arid Environments*, 65, 553-571.



- Andersen, P. and Thronsdon, J. (2003). Estimating cell numbers. In: Hallegraeff, G.M. et al. (Ed.), *Manual on Harmful Marine Microalgae. Monographs on Oceanographic Methodology*. (pp. 99-129). Paris: Unesco Press.
- APHA (2005). *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater: Centennial Edition Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (21st ed.) Washington D.C.
- Ávila, N., López-Flores, R., Quintana, X. and Serrano, L. (2016). The microbial food web in the Doñana marshland: Influence of trophic state and hydrology. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 180, 150-159
- Balsa, J., Guerrero, C., Pascual, M.L. y Montes, C. (1991). Las saladas de Bujaraloz-Sástago y la salada de Chiprana: riqueza natural de Aragón. *Empelte*, 7, 1-30.
- Bolòs, O. (1987). Cataluña y la Depresión del Ebro. En M. & S. Rivas-Martínez Peinado Lorca (Eds). *La vegetación de España* (pp. 311-347). Madrid: Universidad de Alcalá de Henares.
- Bolòs, O. (1999). El paisaje de Los Monegros, excepcional en Europa. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 24, 86.
- Boix, D., Gascón, S., Gifre, J., Moreno-Amich, R., Martinoy, M., Quintana, X.D. y Sala, J., (2004). *Caracterització, regionalització i elaboració d'eines d'establiment de l'estat ecològic de les zones humides de Catalunya*. Cataluña: Generalitat de Catalunya. Recuperado el 5 de mayo de 2016 en [https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/directiva\\_marc/zones\\_humides.pdf](https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/directiva_marc/zones_humides.pdf)
- Braun-Blanquet, B. y Bolòs, O. (1957). *Les groupements végétaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme*. Zaragoza: Delegación de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Zaragoza.
- Britton, R.H. and Crivelli, A.J., (1993). Wetlands of southern Europe and North Africa: Mediterranean wetlands. In Whigman, D.F., Dykyjov, D., Hejnì, S. (Eds.), *Wetlands of the World I: Inventory, Ecology and Management* (pp. 129-194). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Brucet, S., Boix, D., Gascón, S., Sala, J., Quintana, X. D., Badosa, A., Sondergaard, M., Lauridsen, T. L., and E. Jeppesen. (2009). Species richness of crustacean zooplankton and trophic structure of brackish lagoons in contrasting climate zones: north temperate Denmark and Mediterranean Catalonia (Spain). *Ecography*, 32, 692-702.
- Cáncer, L. (1999). Los paisajes monegrinos, un patrimonio ambiental. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 24, 83-85

- Casado, S. y Montes, C. (1995). *Guía de los lagos y humedales de España*. Madrid: J.M. Reyero.
- Casamayor, E., Triadó-Margarit, X. and Castañeda, C. (2013). Microbial biodiversity in saline shallow lakes of the Monegros Desert, Spain. *FEMS Microbiol Ecology* 85, 503-518.
- Castañeda, C. (2004). *Las saladas del sur de Monegros: facies, régimen hídrico y estado actual*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Comín, F. (1999). Valores y criterios generales para la conservación de los recursos naturales de Los Monegros. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 24, 203.
- Conesa, J.A., Castañeda, C. y Pedrol, J. (2011). *Las saladas de Monegros y su entorno. Hábitats y paisaje vegetal*. Zaragoza: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG). (2007-2010). *Diseño y explotación de la red de control biológico en ríos y embalses en la aplicación de la Directiva Marco del Agua en la Cuenca Hidrográfica del Guadiana: anexo IV Resultados Humedales*. [Badajoz]: Confederación Hidrográfica del Guadiana. Recuperado el 6 de agosto de 2017 de [http://www.chguadiana.es/corps/chguadiana/data/resources/file/red\\_biologica/informacion\\_red/AnexoIV-Lagos.pdf](http://www.chguadiana.es/corps/chguadiana/data/resources/file/red_biologica/informacion_red/AnexoIV-Lagos.pdf)
- Cuchí, J.A. (1989). *Aportaciones al conocimiento de los suelos salinos de Aragón*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid.
- Donadel, L., De S. Cardoso, L. and Torgan, L. (2016). Plankton community dynamics in a subtropical lagoonal system and related factors. *Annals of the Brazilian Academy of Science*, 88(1), 249-267.
- Elosegí, A. y Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Vizcaya: Fundación BBVA
- Florín, M. (1994). *Funcionamiento de Lagunas Salinas Temporales Manchegas, relación entre fluctuaciones hídricas, hidroquímicas y dinámica trófica*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Fox, J. (2005). The R Commander: A Basic-Statistics Graphical User Interface to R. *J. Stat. Softw.* 14, 1-42. Recuperado el día 2 de septiembre de 2017 de <http://socserv.mcmaster.ca/jfox/Getting-Started-with-the-Rcmdr.pdf>
- García-Castellanos, D., Vergés, J., Gaspar-Escribano, J. and Cloetingh, S. (2003). Interplay between tectonics, climate and fluvial transport during the Cenozoic evolution of the Ebro Basin (NE Iberia). *Journal of Geophysical Research*, 108, 8-18.

- García-Vera, M.A., Samper, J., Custodio, E. y Bayo, A. (1994). Hidrogeología de la zona endorreica del sur de Bujaraloz. En *Jornadas sobre el futuro de las Saladas de Los Monegros y El Bajo Aragón* (pp. 27-37). Caspe: Grupo Cultural Caspolino.
- García-Vera, M.A. (1996). *Hidrogeología de zonas endorreicas en climas semiáridos. Aplicación a Los Monegros (Zaragoza y Huesca)*. Consejo de Protección de la Naturaleza en Aragón, Zaragoza.
- González, F. (1992). *Los paisajes del agua: terminología popular de los humedales*. Madrid: J.M. Reyero Editor.
- Guareschi, S., Velasco, J., Sánchez-Fernández, D., Picazo, F., Carbonell, J.A., Bruno, D., Abellán, P. y Millán, A. (2015). Interés de conservación de los humedales Ramsar de España peninsular a través de sus comunidades de coleópteros acuáticos. *Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, 7*, 232. [Recuperado el 5 de septiembre de 2017 de <http://www.sea-entomologia.org/monoelec.html>]
- Guerrero, C., Balsa, J., Pascual, M., Martínez, B. y Montes, C. (1991). Caracterización limnológica de la Laguna Salada de Chiprana (Zaragoza, España) y sus comunidades de bacterias fototróficas. *Limnetica, 7*, 86-96.
- Gutiérrez-Elorza, M., Desir, G. and Gutiérrez-Santolalia, F. (2002). Yardangs in the semiarid central sector of the Ebro Depression (NE Spain). *Geomorphology, 44*, 155-170.
- Hammer, U.T. (1986). *Saline lakes ecosystems of the world*. The Netherlands: Dr. W. Junk Publishers.
- Ibáñez, M.J. (1975). *El endorreísmo del sector central de la depresión del Ebro*. Cuadernos de Investigación, 1, 35-48.
- Jeppesen, E., Sondergaard, M., Kanstrup, E., Petersen, B., Eriksen, R. B., Hammershoj, M., Mortensen, E., Jensen, J. P., and A. Have (1994). Does the impact of nutrients on the biological structure and function of brackish and freshwater lakes differ? *Hydrobiologia, 275-276*, 15-30.
- Junta de Andalucía. (2007). *Red de Control de Zonas Húmedas de Andalucía. Análisis físico-químicos y biológicos (Abril-Mayo 2007)*. Sevilla: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Recuperado el día 7 de julio de 2017 de [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Estado\\_Y\\_Calidad\\_De\\_Los\\_Recursos\\_Naturales/Ecosistemas/Humedales/PDFs/pdfs\\_abril\\_2007/info\\_rme%20 incidencias\\_primavera\\_2007.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Ecosistemas/Humedales/PDFs/pdfs_abril_2007/info_rme%20 incidencias_primavera_2007.pdf)
- López-Flores, R., Boix, D., Badosa, A., Brucet, S. and Quintana, X. (2006). Pigment composition and size distribution of phytoplankton in a confined Mediterranean salt marsh ecosystem. *Marine Biology, 149*, 1313-1324.

- López-Flores, R., Quintana, X., Romaní, A. Bañeras, L., Ruiz-Rueda, O., Compte, J., Green, A. and Egozcue, J. (2014). A compositional analysis approach to phytoplankton composition in coastal Mediterranean wetlands: Influence of salinity and nutrient availability. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 136, 72-81
- López, J.A., Montesinos, J. G., López J.A., Martínez, J.C. (2004). Estudio descriptivo del sector endorreico-salino de Pétrola, Corral-Rubio, La Higuera (Albacete). En II Jornadas sobre el Medio Natural Albacetense (pp. 357-370). Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses. Recuperado el 26 de abril de 2016 en [http://www.iealbacetenses.com/.../editorial/II\\_JornadasAB07.pdf](http://www.iealbacetenses.com/.../editorial/II_JornadasAB07.pdf)
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona: Omega, S.A.
- Martí, A. (1994). Las condiciones climáticas del entorno de las lagunas de Bujaraloz-Sástago y las repercusiones en su dinámica. En *Jornadas sobre el futuro de las Saladas de Los Monegros y El Bajo Aragón* (pp. 39-48). Caspe: Grupo Cultural Caspolino.
- Miguel, N. (2017). *Diseño y control de un proceso de compostaje aerobio de residuos*. Recuperado el 25 de abril de 2016 de [https://moodle2.unizar.es/add/pluginfile.php/593480/mod\\_resource/content/1/Pr%C3%A1ctica%20%20%28continuaci%C3%B3n%29.pdf](https://moodle2.unizar.es/add/pluginfile.php/593480/mod_resource/content/1/Pr%C3%A1ctica%20%20%28continuaci%C3%B3n%29.pdf)
- Montes, C., y P. Martino (1987). *Las lagunas Salinas españolas*. Bases Científicas Para La Protección De Los Humedales En España (pp. 95-146). Madrid: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
- OCDE. (1982). *Eutrophication of waters; Monitoring assessment and control*. Francia: OCDE
- Ortí, F., Salvany, J.M., Rosell, J. e Ingles, M. (1989). Sistemas lacustres evaporíticos del Terciario de la cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 6, 103-104.
- Oksanen, J., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., and Wagner, H. (2009). *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 1.15-2. Recuperado el 19 de septiembre de 2017 de <http://vegan.r-forge.r-project.org/>
- Paturej, E. and Gutkowska, A. (2015). The effect of salinity levels on the structure of zooplankton communities. *Archives Biology Science Belgrade*, 67 (2), 483-492.
- Pedrocchi, C. (Coordinador). (1998). *Ecología de Los Monegros*. Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses.
- Pedrocchi, C. (2000). *Historia natural de Los Monegros*. Huesca: Instituto de

Estudios de Los Monegros.

- Pueyo, J.J. (1978-1979). La precipitación evaporítica actual en las lagunas saladas del área: Bujaraloz, Sástago, Caspe, Alcañiz y Calanda (provincias de Zaragoza y Teruel). *Revista del Instituto de Investigaciones Geológicas*, 33, 5-56.
- Quirantes, J. (1978). Nota sobre las lagunas de Bujaraloz-Sástago. *Geographica* 12, 30-34.
- R Development Core Team R. (2015). *A Language And Environment For Statistical Computing*. Viena (Austria): R Foundation for Statistical Computing. Recuperado el 1 de septiembre de 2017 de <http://www.R-project.org/>
- Ramsar. (2006). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. (4ª edición). Gland (Suiza): Secretaría de la Convención de Ramsar.
- Ramsar (2012). Ficha Informativa Ramsar: Saladas de Sástago-Bujaraloz. Zaragoza: Gobierno de Aragón. Recuperada el 24 de agosto de 2017 de [http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/conservacion-de-humedales/ramsar\\_72\\_ficha\\_tcm7-278234.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/conservacion-de-humedales/ramsar_72_ficha_tcm7-278234.pdf)
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. Boletín Oficial del Estado. Madrid 23 de febrero de 2011, pp. 1-39
- Sala, J., Gascón, S. y Boix, D. (2005). Nueva localidad para *Branchinecta media* (Crustacea: Anostraca) en Los Monegros. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37, 164.
- Salvany, J. M., García Vera, M. A. y Samper, J. (1996). Geología e Hidrogeología de la zona endorreica de Bujaraloz-Sástago (Los Monegros, provincias de Zaragoza y Huesca). *Acta Geológica Hispánica*, 30(4), 31-50.
- Samper, J., García-Vera, M.A., Custodio, E., Bayo, A., Badiella, P., Poncela, R. y Manzano, M. (1994). En *Jornadas sobre el futuro de las Saladas de Los Monegros y El Bajo Aragón* (pp. 27-37). Caspe: Grupo Cultural Caspolino.
- Sánchez, J.A., F.J. Martínez Gil, J.L. De Miguel, y J. San Roman (1989). Hidrogeoquímica de la zona endorreica de las lagunas de Monegros, provincias de Zaragoza y Huesca. *Boletín Geológico y Minero*, 100, 876-885.
- Sánchez, J.A., Martínez, F.J., De Miguel, J.L., Jorge, J.C., Garrido, E. y San Román, J (1989). Algunos planteamientos básicos para la previsión del impacto ambiental de los regadíos proyectados en el área de las lagunas de Monegros. En *8ª Conferencia sobre hidrología general y aplicada* (pp. 67-81). Zaragoza: Feria de Zaragoza.

- Silva, A., Barbosa, J., Medeiros, P., Rocha, R., Lucena-Filho, M. and Silva, D. (2009). Zooplankton (Cladocera and Rotifera) variations along a horizontal salinity gradient and during two seasons (dry and rainy) in a tropical inverse estuary (Northeast Brazil). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4, 226-238
- Streble, H. y Krauter, D. (1987). *Atlas de los microorganismos de agua dulce: la vida en una gota de agua: libro de clasificación con 1700 ilustraciones*. Barcelona: Omega.
- Tomas, C.R., (1997). *Identifying marine phytoplankton*. St. Petersburg (Florida): Academic Press.
- Torrecusa, S. y Klimowitz, J. (1990). Contribución al conocimiento de las evaporitas Miocenas (Formación Zaragoza) de la Cuenca del Ebro. En: Ortí, F. y Salvany, J.M. (Eds.). *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante (pp. 120-122)*. Barcelona: ENRESA-GPG.
- Utermöhl, H. (1958). Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt.Int.Ver.Limnol.* 9, 1-38.
- Viñuales, E. y Prames (Coordinadores). (2011). *Los humedales de Aragón*. Zaragoza: PRAMES.
- Valero, B. L. (1999). Las saladas de Los Monegros: registros únicos de cambios ambientales y climáticos del pasado. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 24, 36-64.
- Valero-Garcés, B.L, González-Sampériz, P., Navas, A., Machín, J., Delgado-Huertas, Peña-Monne, J.L., Sancho-Marcén, C., Stevenson, A., and Davis, B.A.S., (2004). Paleohydrological fluctuations and steppe vegetation during the last glacial maximum in the Central Ebro valley (N.E. Spain). *Quaternary International* 122, 43-55.
- Van den Wollenberg, A. (1977). Redundancy analysis an alternative for canonical correlation analysis. *Psychometrika*, 42 (2).
- Velasco, J.L., Soriano, O., Fernández, J. y Rubio, A. (2002). Características físico-químicas de diferentes masas de agua: I cuenca del Tajo (Guadalajara, España). *Ecología*, 16, 27-35
- Velasco, J.L., Soriano, O., Fernández, J. y Rubio, A. (2004). Características físico-químicas de diferentes masas de agua: II cuenca del Duero (España). *Ecología*, 18, 21-34
- VISCOLOR alpha NITRATOS. (11 septiembre de 2017). En Macherey-Nagel, Germany . Recuperado el 11 de septiembre de 2017 en <http://www.mn-net.com/>

- Williams, W.D. and Sherwood, J.E. (1994). Definition and measurement of salinity insalt lakes. *International Journal of Salt Lake Research*, 3, 53-63.
- Zein, M. and Mahmoud, S. (2014). Spatial and temporal patterns of phytoplankton composition in Burullus Lagoon, Southern Mediterranean Coast, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40, 133-142.

## 9. Anexos

### Anexo 1. Paisaje cambiante de Los Monegros: recopilación fotográfica

#### Camarón



9 Abril 2016



30 Mayo 2016

#### La Playa



10 Abril 2016



30 Mayo 2016

#### Muerte



10 Abril 2016



30 Mayo 2016



### **Pez**



21 Abril 2016



24 Agosto 2016

### **Piñol**



9 Abril 2016



30 Mayo 2016

### **Pueyo**



10 Abril 2016



30 Mayo 2016

### **Rebollón**



9 Abril 2016



30 Mayo 2016

### **Rollico**



9 Abril 2016



30 Mayo 2016

### **Salineta**



10 Abril 2016



24 Agosto 2016

**Salobral**



19 Abril 2016



24 Agosto 2016

**Anexo 2. Ficha estipulada para la determinación en campo del índice ECELS (Boix et al., 2004)**

**FICHA DEL ÍNDICE DE ESTADO DE CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS LENÍTICOS SOMEROS (ECELS)**

LAGUNA:

FECHA: 15 febrero 2016

Municipio:	Comarca:	SUMATORIO TOTAL:	
------------	----------	---------------------	--

UTM (x,y):

Hectáreas:

**BLOQUE 1. Morfología (Máximo 20 puntos)**

**1.1 Grado de pendiente del litoral (1)**

a) Predomina una pendiente de menos del 25%	20
b) Predomina una pendiente entre el 25 y el 50%	10
c) Predomina una pendiente entre el 50 y el 75%	5
d) Ausencia de litoral (pendiente de más del 75%)	0

Moduladores del Bloque 1	
A. Presencia de motas, represas o espigones en más del 50% del perímetro de la laguna	
a) Hechas de tierra	-5
b) Hechas de cemento, portland, plástico o rocas	-10
B. Evidencias de soterramiento de parte de la laguna	-10

**BLOQUE 2. Construcciones, infraestructuras y usos humanos (Máximo 20 puntos)**

**2.1. Infraestructuras hidráulicas relacionadas con el agua de la laguna (extracciones de agua, canales, etc. no contar motas)**

a) Ausencia	5
b) Presencia	0

**2.2. Infraestructuras viarias a menos de 100 m**

a) Ausencia	5
b) Pista forestal	3
c) Calle, carretera asfaltada o vía de tren	0

**2.3. Infraestructuras inmuebles a menos de 100 m. (elegir la opción más restrictiva en caso de tener más de una opción)**

a) Presencia de camping, depuradora, granja o polígonos industriales (2)	0
b) Presencia de campos de golf	2
c) Presencia de viviendas. Determinar según el tamaño de la laguna.	

	< 0.5 ha	0.5 – 3 ha	> 3 ha
a) Ausencia	5	5	5
b) Entre 1 y 10 casas	0	1	3
c) Más de 10 casas	0	0	0

## 2.4. Uso agrícola, ganadero o silvícola

a) Ausencia	5
b) Presencia de uso agrícola, ganadero o silvícola en el entorno de la laguna	3
c) Uso agrícola, ganadero o silvícola afectando el litoral de la laguna	1
d) Uso agrícola, ganadero o silvícola en el interior de la cubeta	0

### Moduladores del Bloque 2

#### A. frecuentación

a) Frecuentación media (grupos de gente visitando el espacio al menos una vez por semana)	-3
b) Frecuentación alta (casi siempre se encuentra gente cuando se visita la laguna)	-5

#### B. conservación

a) Presencia significativa de desechos visibles en el agua	-5
b) Presencia significativa de desechos visibles en los alrededores de la laguna	-3
c) Información y gestión del espacio (elegir sólo una opción)	
c.1) Paneles informativos, observatorios o miradores	+1
c.2) Figura de protección	+3
c.3) Gestión activa del espacio	+5
<u>C. Presencia de fauna alóctona o doméstica (3)</u>	-5

## BLOQUE 3. Aspecto del agua (Máximo 10 puntos)

### 3.1. Transparencia (4) (Máximo 5 puntos)

a) Agua transparente	5
b) Agua poco turbia	2
c) Agua muy turbia	0

### 3.2. Olor (5) (Máximo 5 puntos)

a) Se detecta un olor fuerte	0
b) No se detecta ningún pudor fuerte	5

## BLOQUE 4. Vegetación de helófitos o salicorniar (Máximo 30 puntos)

### 4.1. Extensión en el perímetro (Máximo 15 puntos)

a) Ausencia	0
b) Presencia (<25%)	5
c) Entre el 25 y el 90%	10
d) Cinturón completo (> 90%)	15

### 4.2. Extensión dentro de la laguna (6) (Máximo 15 puntos)

a) Ocupan toda la laguna (> 90%)	0
b) Ocupan entre el 50 y el 90%	5
c) Ocupan entre el 25 y el 50%	10
d) Sólo el borde	15
e) Ausencia	0

**Moduladores del Bloque 4**A. comunidad dominante

- |   |     |
|---|-----|
| a) Comunidad de cañaveral (dominancia de caña > 50%)      | -10 |
| b) Carrizo como única especie (dominancia > 95%) (7)      | -5  |
| c) Comunidad multiespecíficos o dominada por otra especie | +10 |
| d) Presencia significativa de plantas exóticas (8)        | -10 |

B. Estrato arbóreo (a menos de 10 metros de la laguna)

- |  |     |
|--|-----|
| a) Presencia de árboles autóctonos aislados    | +5  |
| b) Cinturón completo de árboles autóctonos     | +10 |
| c) Presencia de árboles alóctonos aislados (8) | -5  |
| d) Cinturón completo de árboles alóctonos      | -10 |
| e) Plantación (autóctona o alóctona)           | -10 |

C. Permanencia del agua

- |   |     |
|---|-----|
| a) Laguna temporánea  | +15 |
| b) Laguna permanente o semipermanente somera (<30 cm de columna de agua máxima) | +10 |

**BLOQUE 5. Vegetación sumergida y flotante (Máximo 20 puntos)****5.1. Cantidad de vegetación sumergida o flotando arraigada en la cubeta de la laguna (Máximo 15 puntos)**

- |  |    |
|--|----|
| a) Ausencia                              | 0  |
| b) Presencia (<25%)                      | 5  |
| c) Entre el 25 y el 90%                  | 10 |
| d) Recubrimiento total del fondo (> 90%) | 15 |

**5.2. Cantidad de vegetación flotando en la superficie de la laguna (Máximo 5 puntos)**

- |   |   |
|---|---|
| a) Ausencia                                     | 0 |
| b) Presencia (<25%)                             | 3 |
| c) Entre el 25 y el 90%                         | 5 |
| d) Recubrimiento total de la superficie (> 90%) | 0 |

**Moduladores del Bloque 5**A. Comunidades de vegetación sumergida o flotando

- |   |     |
|---|-----|
| a) Vegetación sumergida o flotando dominada por plantas vasculares o carófitos                | +10 |
| b) Comunidad con abundancia similar de algas filamentosas y de plantas vasculares o carófitos | +5  |
| c) Comunidad dominada por algas filamentosas  | -5  |
| d) Comunidad dominada por lentejas de agua  | -5  |
| e) Especies alóctonas abundantes (> 20%) (8)  | -10 |

**Anexo 3. Puntuación final y categoría obtenida tras la aplicación del Índice ECELS en cada salada.**

	<b>Bloque I</b>	<b>Bloque II</b>	<b>Bloque III</b>	<b>Bloque IV</b>	<b>Bloque V</b>	<b>Total</b>
<b>Máxima puntuación</b>	20	20	10	30	20	100

<b>Masa de agua</b>							<b>Media</b>	<b>Categoría ECELS</b>
<b>Pez</b>	10	18	10	30	18	86	86	II. Buena
	10	18	10	30	18	86		
	10	18	10	30	18	86		
<b>Rollico</b>	10	16	10	30	18	84	80,3	II. Buena
	10	18	10	30	15	83		
	10	18	10	30	18	86		
<b>Rebollón</b>	20	16	10	30	20	96	96	I. Muy Buena
	20	16	10	30	20	96		
	20	16	10	30	20	96		
<b>Camarón</b>	10	12	10	30	18	80	81,3	II. Buena
	10	14	10	30	18	82		
	10	14	10	30	18	82		
<b>La Playa</b>	10	2	10	30	20	72	79,3	II. Buena
	20	9	10	30	20	89		
	10	7	10	30	20	77		
<b>Pueyo</b>	10	14	5	30	20	79	80,3	II. Buena
	10	18	5	30	20	83		
	10	14	5	30	20	79		
<b>Salobral</b>	10	-3	2	30	18	57	56,3	III. Mediocre
	10	-3	2	25	18	52		
	10	0	2	30	18	60		
<b>Salineta</b>	10	2	0	25	15	52	56	III. Mediocre
	10	2	0	30	15	57		
	10	4	0	30	15	59		
<b>La Muerte</b>	10	14	7	30	10	71	71,6	II. Buena
	10	16	5	30	10	71		
	10	18	5	30	10	73		
<b>Piñol</b>	10	16	10	30	18	84	84	II. Buena
	10	16	10	30	18	84		
	10	16	10	30	18	84		

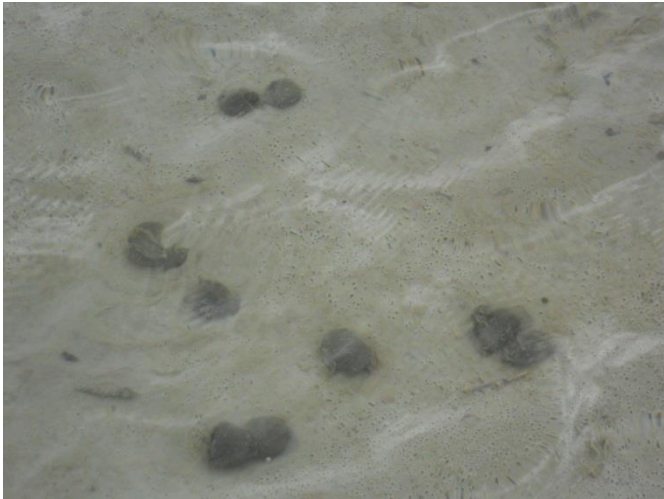
**Anexo 4. Fotos de algunas de las saladas muestreadas y elementos característicos observados**



Acumulación de materia orgánica y Salsola Kali en la orilla de Camarón como consecuencia de la acción del cierzo (arriba). Huellas de ave limnícola en la orilla de Camarón y posible comunidad de *Ruppia* bajo el agua (abajo). Abril 2016











Excrementos de jabalí, a la izquierda, y puesta de Bufo bufo, a la derecha. En el interior de la cubeta de Pueyo, mientras se recogían las muestras de agua. Abril 2016


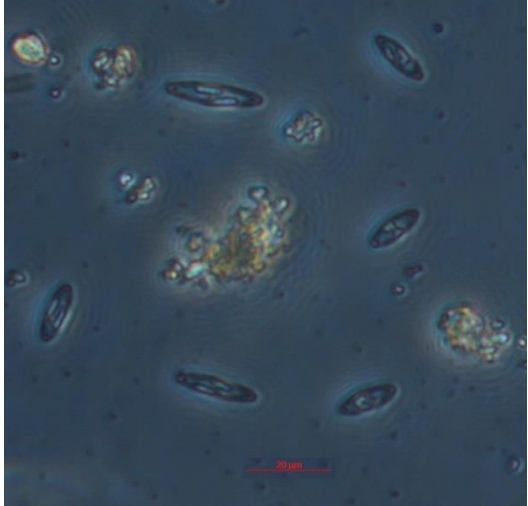




Paisaje “lunar” en La Muerte. Las burbujas de metano procedentes de la actividad microbiana se hacen evidentes. Se forma un tapete microbiano que cubre todo el fondo seco de la cubeta (arriba). Cristales de mirabilita formados por la precipitación de sales (abajo). Agosto 2016



**Anexo 5. Fichas descriptivas para algunos de los taxones de fitoplancton encontrados en las saladas**



CLOROFITAS				<i>Oocystis</i> sp Nägeli ex A. Braun 1855	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Chlorophyta</i>	<i>Trebouxiophyceae</i>	<i>Chlorellales</i>	<i>Oocystaceae</i>	<i>Oocystis</i>	
<b>Breve descripción</b>					
Células solitarias o en colonias de 2-4-8 dentro de una envoltura mucilaginosa hialina delgada o dentro de una pared de célula madre expandida. Células fusiformes, elipsoides, ovals a casi esféricas, 7-46 x 12-50 μm. <i>Oocystis</i> planctónico <i>Fuente: algaebase</i>					
<b>Distribución</b>					
Rebollón, Camarón, Piñol			<b>Rango de salinidad</b>		
<b>Preferencia</b>			Desde lagunas hiposalinas hasta eutróficas		
Desde oligotrofia a eutrofia					



CLOROFITAS				<i>Tetrastrum sp</i> R. Chodat 1895	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Sphaeropleales</i>	<i>Secenedesmaceae</i>	<i>Tetrastrum</i>	
<b>Breve descripción</b>					
Formado principalmente por 4 celdas, de 5-23 μm en un plano, estos a veces agregados en colonias. Envoltente mucilaginoso. Células bien unidas, sin o con pequeño espacio vacío en el centro. Células ovales, triangulares o trapezoidales, de 2-11,5 μm de largo. Género planctónico en agua dulce, principalmente en condiciones eutróficas. (algaebase)					
<b>Distribución y abundancia</b>			<b>Rango de salinidad</b>		
Camarón, Piñol			Desde mesosalinas hasta hipersalinas		
<b>Preferencia</b>			<b>Rango de salinidad</b>		
Mesotrofia y eutrofia.			Desde mesosalinas hasta hipersalinas		


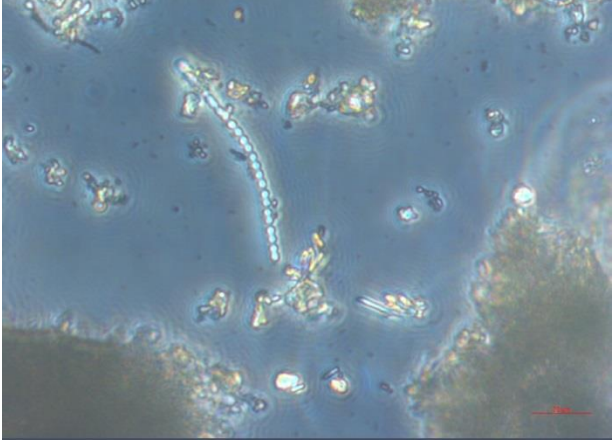
DIATOMEAS				<i>Navicula sp</i> Bory 1822	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Naviculales</i>	<i>Naviculaceae</i>	<i>Navicula</i>	
<b>Distribución</b> Se ha encontrado en las diez saladas estudiadas  <b>Preferencia</b> Desde oligotrofia a eutrofia  <b>Rango de salinidas</b> Desde hiposalinas a hipersalinas					

DIATOMEAS				<i>Pinnularia sp</i> Ehrenberg 1843	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Naviculales</i>	<i>Pinnulariaceae</i>	<i>Pinnularia</i>	
<b>Distribución</b> Se ha recolectado en 6 de las 10 saladas monegrinas. Pez, Rollico, Rebollón, Camarón, Pueyo y Piñol  <b>Preferencia</b> Desde oligomesotrofia hasta eutrofia  <b>Rango de salinidad</b> Desde hiposalinas hasta hipersalinas					



DIATOMEAS				<i>Hantzschia</i> sp Grunow 1877	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Bacillariales</i>	<i>Bacillariaceae</i>	<i>Hantzschia</i>	
<p><b>Distribución y abundancia</b></p> <p>Se encuentra en 7 de las 10 saladas monegrinas. Pez, Rebollón, Camarón, Pueyo, Salobral, Salineta, Piñol</p> <p><b>Preferencia</b></p> <p>Desde oligomesotróficas hasta eutróficas.</p> <p><b>Rango de salinidad</b></p> <p>Desde lagunas hiposalinas hasta hipersalinas.</p>					



DIATOMEAS			<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith 1853	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Bacillariales</i>	<i>Bacillariaceae</i>	<i>Nitzschia</i>
<b>Breve descripción</b>  Vistas por la cara pleural las células están curvadas en forma de S y los extremos son redondeados. Vistas por encima las valvas no aparecen curvadas, son lineares con extremos apuntados. De 160-500 µm de largo y 8-14 µm de ancho. (guía)				
<b>Distribución</b>  La Playa, Salobral				
<b>Preferencia</b>  Frecuentemente en aguas de todo tipo. Saladas oligomesotróficas o mesotróficas.		<b>Rango de salinidad</b>  De bajas salinidades, hiposalina o mesosalina.		


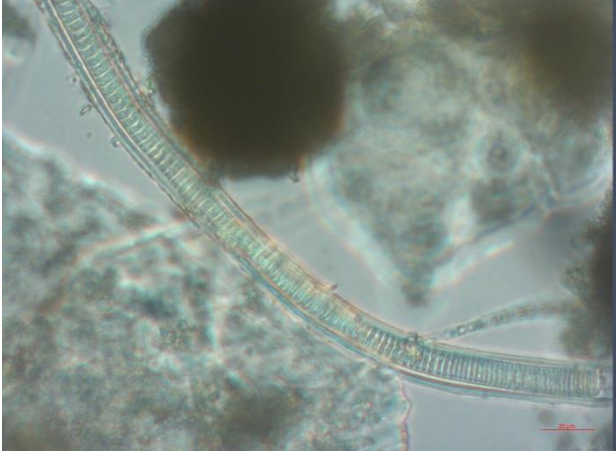
DIATOMEAS		<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton 1869		
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Fragilariales</i>	<i>Fragilariaceae</i>	<i>Fragilaria</i>
<b>Breve descripción</b>  Células dilatadas en el centro (vistas por la cara pleural). Valvas muy estrechas, algo dilatadas en el centro. De 40-150 µm de largo. Especie planctónica (guía)				
<b>Distribución y abundancia</b>  Tan solo en 2 saladas de las 10 estudiadas. Rebollón, La Muerte				
<b>Preferencia</b>  Tanto en saladas oligotróficas u oligomesotróficas como en eutróficas.		<b>Rango de salinidad</b>  Muy tolerantes. Desde aguas hiposalinas a hipersalinas, como Rebollón y La Muerte, respectivamente.		



CIANOFITAS				<i>Johanseninema constrictum</i> (Szafer) Hasler, Dvorák & Poulícková 2014 Nägeli ex A. Braun 1855	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Cyanobacteria</i>	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Microcoleaceae</i>	<i>Johanseninema</i>	
<b>Breve descripción</b>					
Filamentos generalmente rectos, células cilíndricas redondeadas, estranguladas en el centro. De color verde-azulado. Heterocistes muy poco frecuentes. Células de 6-10 µm de largo y 5-7 µm de ancho. (Guía)					
<b>Distribución</b>					
Se ha recolectado en 5 de las 10 lagunas saladas muestreadas. Pez, Rollico, La Playa, Salineta, La Muerte					
<b>Preferencia</b>			<b>Rango de salinidad</b>		
Desde saladas mesotróficas a eutróficas			Desde hiposalinas a hipersalinas.		





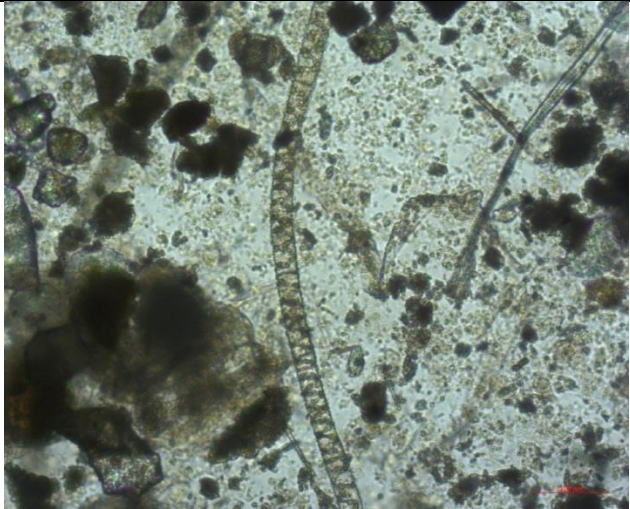
CIANOFITAS				<i>Pseudanabaena</i> sp Lauterborn 1915	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Cyanobacteria</i>	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Synechococcales</i>	<i>Pseudanabaenaceae</i>	<i>Pseudanabaena</i>	
<p><b>Distribución y abundancia</b></p> <p>Aparece en 7 de las 10 saladas. Pez, Rollico, Rebollón, Camarón, La Playa, Pueyo, Piñol</p> <p><b>Preferencia</b></p> <p>Desde saladas oligomesotróficas e eutróficas.</p> <p><b>Rango de salinidad</b></p> <p>Amplio. Desde hiposalinas a hipersalinas.</p>					


CIANOFITAS				<i>Spirulina sp</i> Turpin ex Gomont 1892	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Cyanobacteria</i>	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Spirulinales</i>	<i>Spirulinaceae</i>	<i>Spirulina</i>	
<b>Breve descripción</b>					
Filamentos no ramificados, siempre sin vainas, raramente solitarios (flotación libre), generalmente en racimos y en forma de espiral. Los tornillos son muy apretados, tocando uno con el otro o con pequeños espacios entre ellos. Color azul pálido verde, verde oliva o rosáceo.					
<b>Distribución</b>					
Sólo se ha identifica en una salada monegrina. Salineta			<b>Rango de salinidad</b>		
<b>Preferencia</b>			Laguna hipersalina		
Eutrofia.					

CIANOFITAS				<i>Phormidium</i> sp Kützing ex Gomont 1892	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Cyanobacteria</i>	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Oscillatoriaceae</i>	<i>Phormidium</i>	
<b>Breve descripción</b>					
<p>Filamentosos no ramificados, raramente solitarios, por lo general en capas finas, lisas, en capas de cuero (esteras), microscópicas y posteriormente macroscópicas hasta varios cm de diámetro. El contenido celular suele ser de color azulverde. (algaebase)</p>					
<b>Distribución</b>					
<p>Recolectada en 4 de las 10 saladas estudiadas. Rebollón, Salobral, La Muerte, Piñol</p>					
<b>Preferencia</b>			<b>Rango de salinidad</b>		
<p>Desde saladas oligomesotróficas a eutróficas.</p>			<p>Desde hiposalinas a hipersalinas</p>		

CIANOFITAS				<i>Oscillatoria sp</i> Vaucher ex Gomont 1892	
<b>División</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Cyanobacteria</i>	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Oscillatoriaceae</i>	<i>Oscillatoria</i>	
<b>Distribución</b> Aparece en 4 de las 10 saladas muestreadas. Rebollón, Salobral, Salineta, La Muerte  <b>Preferencia</b> Oligomesotróficas a eutróficas  <b>Rango de salinidad</b> Desde hiposalinas a hipersalinas					

CIANOFITAS				<i>Nostoc sp</i> Vaucher ex Bornet & Flahault 1886	
<b>Filo</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	
<i>Cyanobacteria</i>	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Nostocales</i>	<i>Nostocaceae</i>	<i>Nostoc</i>	
<b>Distribución</b> Únicamente se ha recolectado en una salada, Salobral  <b>Preferencia</b> Laguna oligomesotrofia  <b>Rango de salinidad</b> Laguna mesosalina					

CARÓFITAS		<i>Spirogyra</i> Link 1820		
<b>División</b>	<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>
<i>Charophyta</i>	<i>Conjugatophyceae</i> ( <i>Zygnematophyceae</i> )	<i>Zygnematales</i>	<i>Zygnemataceae</i>	<i>Spirogyra</i>
<p><b>Breve descripción</b></p> <p>Compuesto de filamentos uniseriados no ramificados entrelazados para formar madejas. Células cilíndricas, de 10 a 200 µm de diámetro, más de 20 a 60 µm, hasta varias veces más largas; pared celular de dos capas con celulosa interna, capa externa de mucílago. Células dentro del filamento en espiral, presionado contra la pared celular. (algaebase)</p>				
<p><b>Distribución</b></p> <p>Se ha encontrado en 4 de las 10 saladas estudiadas. Rollico, Rebollón, La Playa, Salineta</p>				
<p><b>Preferencia</b></p> <p>Desde oligomesotróficas a eutróficas</p>				

CRIPTÓFITAS		DIBUJO		<i>Cryptophyta</i>	
Filo	Clase	Orden	Familia	Género	
<i>Cryptophyta</i>	-	-	-	-	
<p><b>Breve descripción</b></p> <p>Comprenden un grupo de organismos unicelulares flagelados presentes en aguas marinas y continentales. Los individuos son planos y con simetría dorsiventral</p>					
<p><b>Distribución</b></p> <p>Rebollón, Camarón y Salobral</p>					
<p><b>Preferencia</b></p> <p>Desde oligomesotróficas a eutróficas.</p>			<p><b>Rango de salinidad</b></p> <p>Desde hiposalinas a hipersalinas.</p>		