

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.

En primera instancia, se ha estudiado la influencia de variables físico-químicas en la distribución de los humedales, dentro de cada una de las tipologías, según el análisis de componentes principales (PCA). Esto permite, por un lado, establecer qué parámetros físico-químicos marcan las posibles agrupaciones y, por el otro, optimizar estrategias de muestreo y los costes, indicando variables prioritarias para cada tipología y/o grupo homogéneo.

Las similitudes entre los humedales, en función de las características físico-químicas e índices biológicos, han sido calculadas como distancias Euclídeas, consideradas como apropiadas para el análisis multivariante de los datos de calidad de las aguas y de los sedimentos (*Clarke y Warwick, 1994*).

Las similitudes calculadas para establecer la distribución de los humedales en función de los organismos que forman parte de los mismos (plancton y bentos), se han basado en el índice de similitud de Bray-Curtis.

Las relaciones entre los distintos humedales, dentro de cada una de las tipologías, se muestran según diagramas en dos y tres dimensiones, usando la rutina de escalado multidimensional (MDS). Esta función ilustra grupos basados en similitudes sobre patrones de calidad de aguas (biológicos), y también muestra gradientes de datos dentro de los grupos. Así mismo, se han determinado los coeficientes de estrés de Kruskal (*Kruskal y Wish, 1978*), al objeto de medir la veracidad de la representación de los diagramas MDS. Clarke (1993) sugiere que valores $<0,1$ corresponden a buenas ordenaciones y valores $<0,2$ dan una interpretación de los datos potencialmente útil.

Se han usado dos aproximaciones para identificar variables de calidad de aguas que expliquen patrones en las relaciones entre humedales. En primer lugar, se han identificado ciertas agrupaciones evidentes. La rutina SIMPER del software PRIMER se ha usado para determinar las variables de calidad de aguas (biológicas) que contribuyen en mayor medida a las agrupaciones entre humedales. En segundo lugar, usando la rutina BioEnv del software PRIMER (*Clarke and Ainsworth, 1993*), se ha comparado la ordenación de las estaciones de muestreo a partir de variables bióticas y abióticas por separado, al objeto de establecer así las variables ambientales que

favorecen la máxima correlación entre las dos configuraciones.

Por último, para evaluar las relaciones entre organismos y variables físico-químicas se ha realizado un análisis de correspondencias canónicas (CCA), eliminando previamente las variables no significativas para cada uno de los grupos taxonómicos (según los resultados del análisis de componentes principales). Esto permite relacionar la aparición de distintas familias según la variabilidad de los parámetros físico-químicos.

En resumen, para cada una de las tipologías se ha estudiado:

- Variables físico-químicas y biológicas que influyen en la distribución de los humedales (mediante análisis de componentes principales).
- Similitud entre humedales y distribución en grupos homogéneos según esta similitud (mediante análisis de escala multidimensional).
- Peso de los taxones en los distintos agrupamientos homogéneos establecidos (rutina SIMPER).
- Relación entre organismos propios de las tipologías y variables físico-químicas que puedan favorecer la aparición de estos organismos (mediante el análisis de correspondencias canónicas).
- Influencia de organismos significativos en la formación de grupos homogéneos de humedales dentro de las tipologías (mediante la rutina Bio-Env).

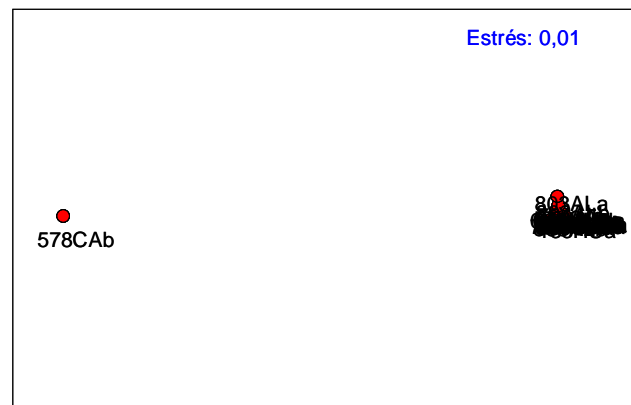
Para el desarrollo de estos análisis estadísticos se ha establecido un código para cada uno de los humedales que determina la época a la que pertenece el muestreo. En las gráficas se hace referencia a los humedales mediante los códigos asignados a cada uno, y al considerar por separado las campañas de invierno y verano se han identificado añadiendo al código las letras a y b.

Así, por ejemplo, el código 031HU se encuentra asignado a la Laguna de El Portil, la campaña de invierno en este humedal se representa como 031HUa, la de verano como 031HUb.

En algunos casos, debido a la complejidad de las agrupaciones que se forman en los

análisis, uno de los muestreos puede estar sesgando la información recogida. Si por ejemplo, una estación tiene unas características significativamente distintas al resto de las estaciones de una tipología se produce un agrupamiento de éstas, originándose un artefacto que impide observar la correcta ordenación del análisis.

En el ejemplo siguiente, la ordenación de las estaciones se encuentra dificultada por el artefacto introducido por la estación 578 CAb. Para poder determinar la posición real de las estaciones en función de las comunidades biológicas presentes debe eliminarse dicho punto, junto con los organismos correspondientes.



Cada uno de los análisis determina un número de probabilidades que deben ser estudiadas para eliminar todos aquellos artefactos que no sirven para discriminar los agrupamientos.

En el estudio estadístico se ha trabajado por una parte con los parámetros físico-químicos del agua comparados con los datos biológicos del plancton (fitoplancton y zooplancton); los datos físico-químicos del sedimento se han estudiado junto con los datos obtenidos del análisis biológico de los macroinvertebrados bentónicos.

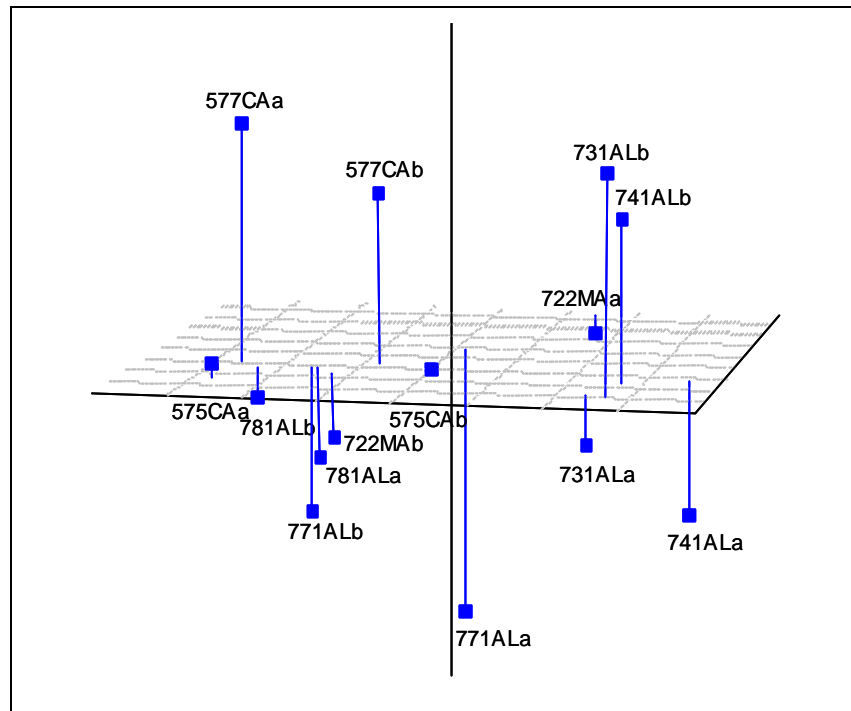
Estos análisis se han aplicado para las tres tipologías principales obtenidas anteriormente. No se ha aplicado a la tipología 2 (humedales con una superficie mayor que 1.5 km², de agua con salinidad considerable de origen mixto) ya que únicamente se encuentra representada por un humedal (Brazo del Este); ni a la tipología 4 (humedales con superficie menor de 1.5 km², de agua con salinidad importante de origen marino) que sólo cuenta con dos representantes, Marismas del río Palmones y Desembocadura del río Guadiaro.

Al tener un reducido número de estaciones y muestreos, alguno de los análisis estadísticos no son aplicables o tienen escasa representatividad. Un mayor número de muestreos permitirán establecer interrelaciones entre los humedales.

PLANCTON

7.1 Tipología III (de agua con salinidad considerable, menores de 1,5 km²)

La distribución de las estaciones en el análisis de componentes principales según las variables físico-químicas se presenta a continuación:



Análisis de Componentes Principales (PCA) para aguas.

Los dos ejes absorben una varianza del 63,5%, lo cual resulta significativo. El eje 1 viene determinado significativamente por el fósforo total (0,376), el fosfato (0,345) y el sílice (0,368); el eje 2 por oxígeno disuelto (0,434) y nitritos (0,506).

De esta forma, el eje 1 representa la dirección del aumento de eutrofia, aunque sólo parcialmente ya que las distintas formas de nitrógeno no se correlacionan de manera significativa con él.

Se observan dos agrupaciones. En una de ellas quedan englobadas las desembocaduras de los ríos Antas (731AL) y Aguas (741AL), en ambas campañas. Son las más alteradas.

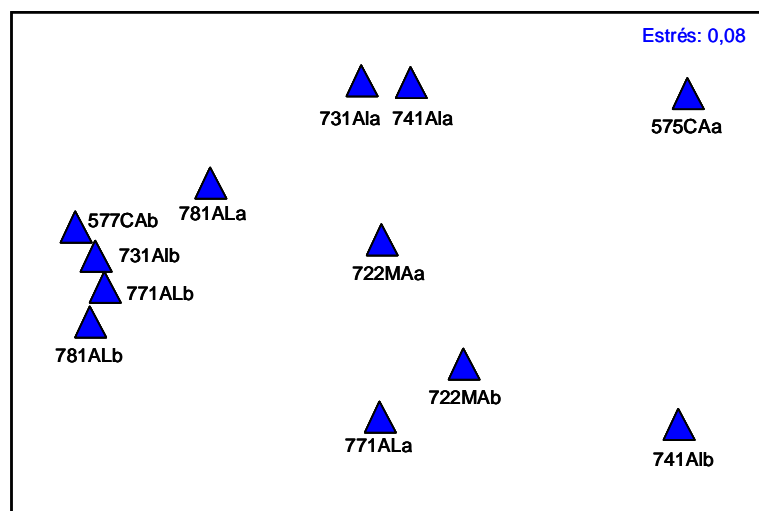
En la otra agrupación se recogen todos los demás humedales, que configuran un

grupo heterogéneo.

La desembocadura del Guadalhorce (722MA) en invierno no se asocia con ningún otro humedal.

Fitoplancton

La observación del análisis de escala multidimensional, basado únicamente en datos biológicos, muestra una ordenación diferente de las estaciones. Los gráficos aparecen a continuación:

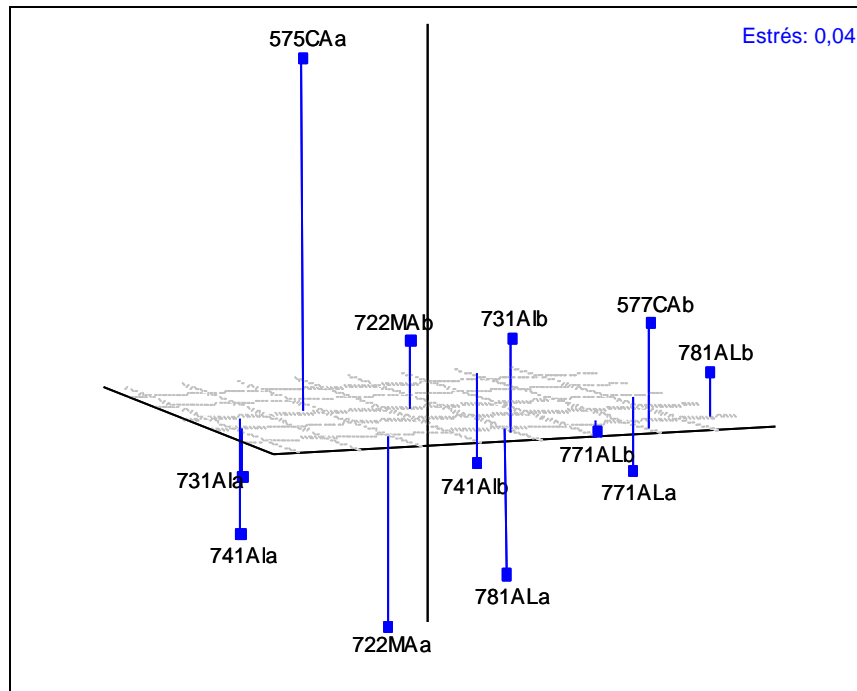


Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para fitoplancton en 2D.

Los ríos Antas y Aguas son muy similares entre sí en invierno (731Ala y 741Ala) y constituyen un grupo, ambas presentando la familia *Chroococcaceae* de forma mayoritaria.

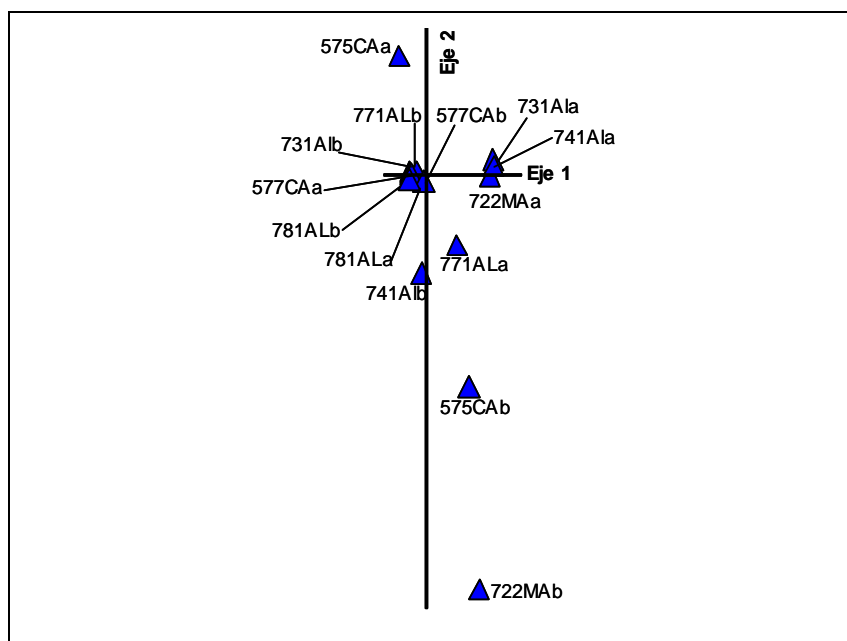
Asimismo, las Albuferas Honda (771AL) y Nueva (781AL) de Adra, Desembocadura del río Antas (731AL) y laguna de Tarelo (577CA) en verano, presentan una flora muy similar en cuanto a familias de fitoplancton. Las que más han asociado estos humedales son *Oocystaceae*, *Chroococcaceae*, *Cryptomonadaceae* y *Naviculaceae*. De ellas, sólo la familia *Cryptomonadaceae* presenta taxa capaces de nadar mediante flagelos.

Las demás estaciones presentan una flora muy diferente y no aparecen asociadas.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para fitoplancton en 3D.

Para reunir la información de las variables físico-químicos y el fitoplancton se presenta el análisis de correspondencias canónicas con los datos disponibles. Tan solo se han representado las estaciones, ya que de haber representado las familias el gráfico hubiera sido ilegible.



Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para fitoplancton.

Se encuentran dos grupos y varias estaciones aisladas.

En el **grupo 1** se reúnen las desembocaduras de los ríos Antas, Aguas y Guadalhorce, todas ellas en invierno. La característica que crea la asociación es el elevado nivel de fosfato.

Por otro lado, tienen en común la buena representación de las familias *Chlamydomonadaceae* y sobre todo *Chroococcaceae*. En la primera el género presente ha sido *Chlamydomonas* en todos los casos. El género dominante de las *Chroococcaceae* en los ríos Antas y Aguas ha sido *Chroococcus*, y *Synechococcus* en la desembocadura del Guadalhorce. Aunque las especies fueran otras, la morfología y la ecología de ambas son muy parecidas.

En el **grupo 2** se engloban Tarelo (577CA), Albufera Nueva de Adra (781AL) y las campañas de verano de la desembocadura del Antas (731ALb) y Albufera Honda de Adra (771ALb). Este grupo se conforma más por las características biológicas que por las físico-químicas, ya que es en el análisis de escala multidimensional y no en el análisis de componentes principales, donde esta ordenación queda ligeramente más patente, permaneciendo reunidas las campañas de invierno.

Las familias responsables de esta asociación son *Oocystaceae*, *Chlorococcaceae*, *Cryptomonadaceae* y *Naviculaceae*.

Debido a la composición taxonómica del fitoplancton no es esperable que la estación 731ALb (Antas) se agrupe con estas otras. Se debe a la proliferación masiva de *Chlorella vulgaris* (familia *Oocystaceae*), que enmascara el parecido que tiene con el río Aguas.

Proliferaciones de estas características y de índole pasajero tienen lugar en medios contaminados, por lo que no cabría esperar que el río Antas se disociara del Aguas para asociarse a Tarelo y Adra si el número de prospecciones hubiera sido superior.

De igual forma, la estación 771ALa (Albufera Honda de Adra en invierno) era predecible que no se separase ya que presenta características muy similares en cuanto a química y flora del agua, con la familia *Cryptomonadaceae* como dominante.

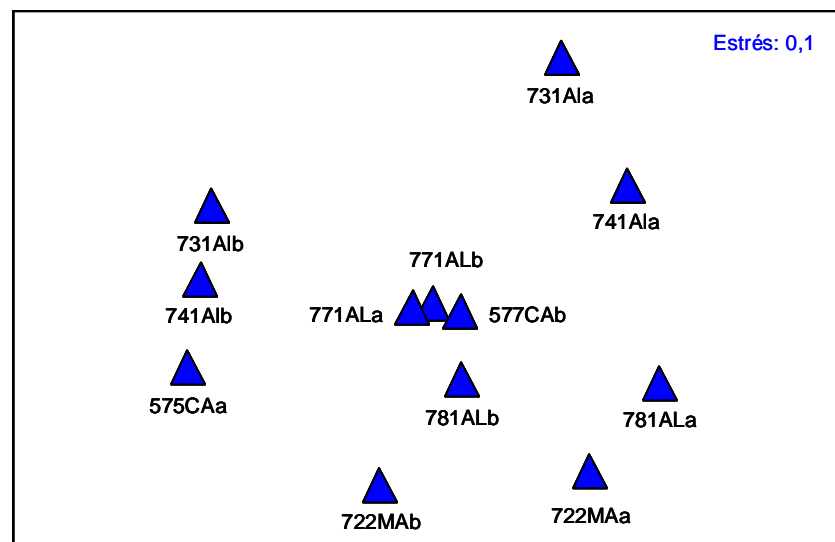
Las Charcas interdunares de Cabo Trafalgar (575CA) se mantienen aisladas del resto

porque presentan un régimen hídrico, una génesis y una limnología totalmente diferente a las demás, aparte de presentar un nivel trófico muy inferior.

Zooplankton

En un primer acercamiento a la similaridad de los humedales atendiendo sólo a las comunidades de zooplankton se observan dos grupos claros que presentan una similitud de más del 60% (cluster), mientras que el resto de humedales aparecen distribuidos de forma heterogénea.

Un **primer grupo** está compuesto por la Albufera Honda de Adra (771AL) en ambas estaciones, la Albufera Nueva de Adra en invierno (781Alb) y la laguna de Talero (577Cab). Este primer grupo puede visualizarse en la representación en dos dimensiones del análisis de escala multidimensional puesta a continuación.

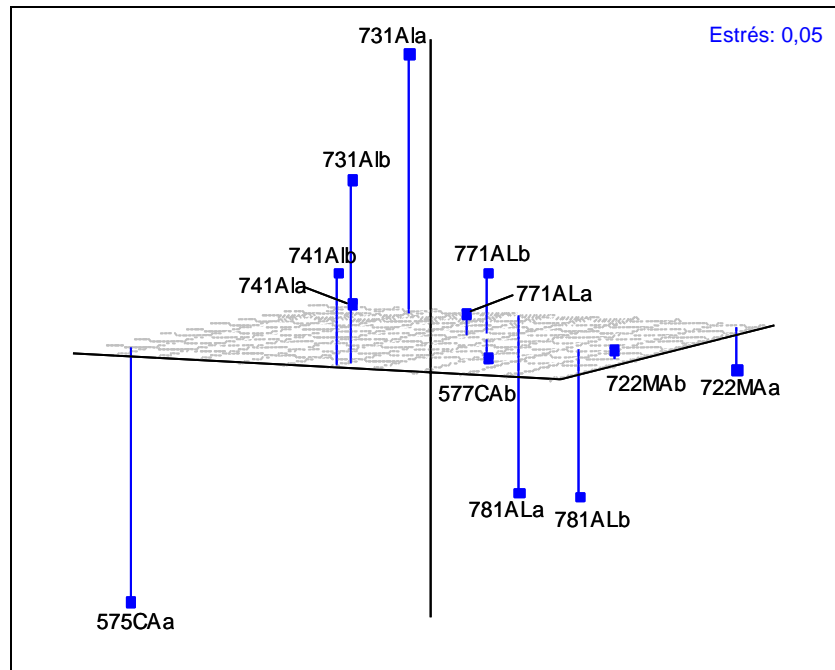


Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para zooplankton en 2D.

Tienen en común la elevada abundancia de la familia de rotíferos *Brachionidae* y además, todas en verano son parecidas en la densidad de la familia *Cyclopidae* y la gran abundancia de nauplios. En las Albuferas Honda y Nueva se han desarrollado cladóceros de la familia *Daphniidae*. En general, las comunidades predominantes tienden a plancton de tipo euplanctónico, y con clara tendencia a la eutrofia en verano.

El **segundo grupo**, como se puede observar en el gráfico en tres dimensiones, está

compuesto por las desembocaduras de los ríos Antas (731ALb) y Aguas (741ALb) en verano. Sus comunidades están compuestas principalmente por ciliados y por las familias de rotíferos *Brachionidae* y *Filinidae*, que han tolerado baja concentración de oxígeno.



Análisis de Escala Multidimensional para zooplancton en 3D.

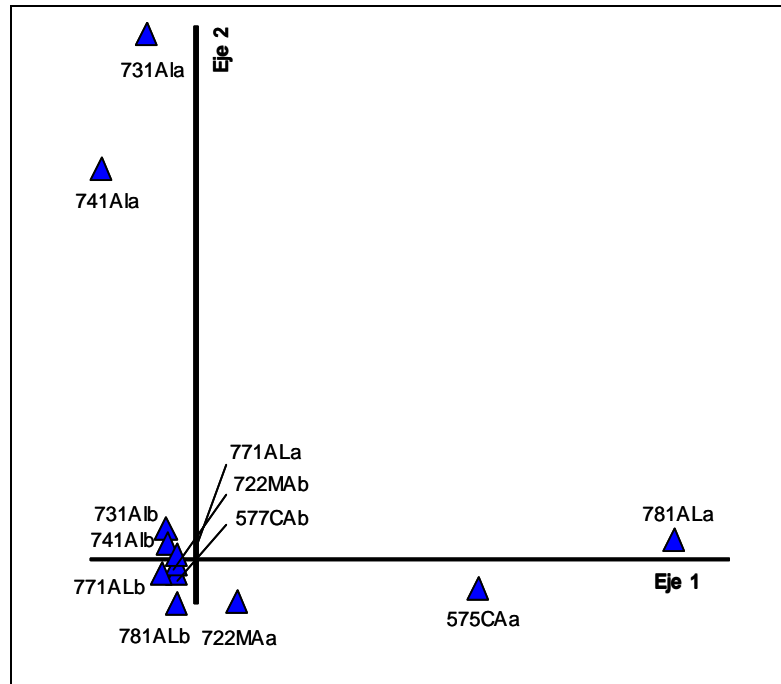
Mediante un análisis de correspondencias canónicas se agrupan los humedales atendiendo a las variables físico-químicas y biológicas. Se observan tres grupos:

En el **grupo 1**, situado en la parte positiva del eje 2, están los humedales influenciados por la elevada cantidad de nutrientes, sobre todo por fósforo total y fosfato. Aquí están las desembocaduras de los ríos Antas y Aguas, muy alteradas y diferentes al resto por presentar ciliados y las familias de rotíferos *Filinidae* y *Proalidae*. Todos ellos toleran bajas tensiones de oxígeno y se dan en ambientes eutróficos.

El **grupo 2** engloba las Albufera Honda y Nueva de Adra (771AL y 781AL), Tarelo (577CA) y la desembocadura del Guadalhorce (722MA).

Se asocian a este grupo las desembocaduras del Antas y el Aguas en verano (731ALb y 741ALb). Sin embargo, no parece probable que estos últimos funcionen de forma similar al resto, pues lo único que comparten con ellos es un elevado contenido en

fósforo y el predominio de la familia *Brachionidae*, (un 72% del zooplancton en el Antas y un 92% en el Aguas) en el momento puntual del muestreo. De esta forma, no es apropiado considerarlos en el mismo grupo.



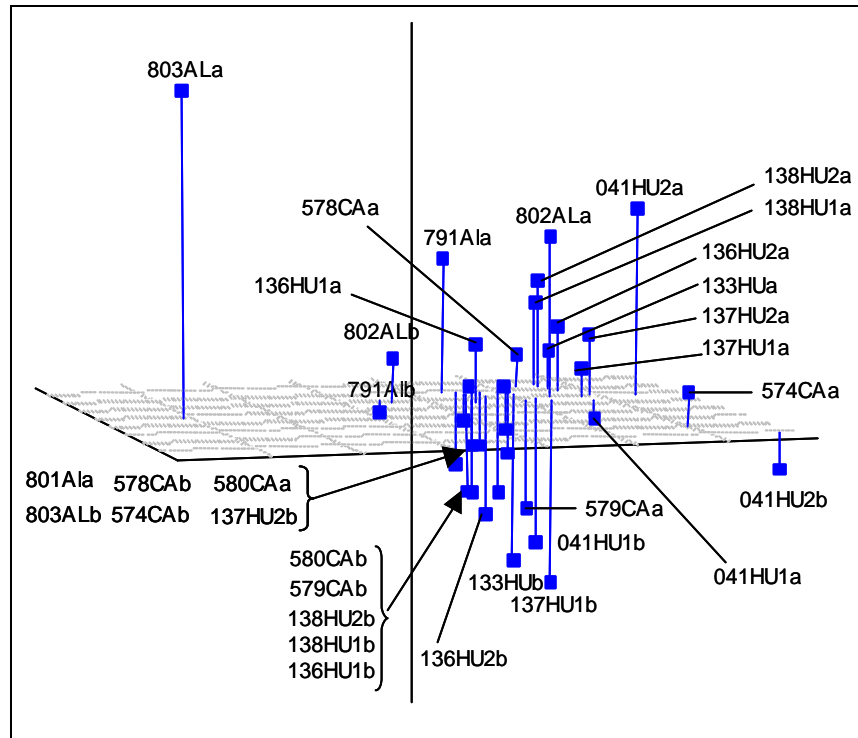
Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para zooplancton.

Igualmente, la Albufera Nueva de Adra en invierno, que en principio se espera incluida en el grupo, aparece muy alejada. Obedece a la proliferación de la familia *Synchaetidae*, que alcanza el 98% del total. Este crecimiento desaparece y no justifica que se considere a esta albufera como un grupo aparte dentro de la tipología.

El **grupo 3** está constituido por las Charcas interdunares de cabo Trafalgar (575CA), con una dinámica y características muy diferentes a las de los otros humedales de esta tipología.

7.2 Tipología VI (de agua salina de origen marino, mayores de 1,5 km²)

La asociación de lagunas en esta tipología mediante los análisis físico-químicos no es muy clara, como se puede apreciar en el análisis de componentes principales que se muestra a continuación.



Análisis de Componentes Principales (PCA) para aguas.

Para poder visualizar el gráfico se han omitido las estaciones 041HU2b (Estero de Domingo Rubio interior en verano), 574CAa (Laguna Playa de Los Lances en invierno) y 803ALa (Salinas de Guardias Viejas en invierno).

La eliminación de las estaciones que se separaban mucho del resto no ha redundado en un aumento suficiente de la varianza acumulada. Los dos primeros ejes acumulan un 47,8% de la varianza, lo que resulta muy insuficiente y por tanto no significativo.

El primer eje aparece positivamente correlacionado con la conductividad (0,359) y los sólidos totales (0,361), esto es, con la salinidad. El segundo se correlaciona positivamente con el fósforo total (0,462) y el fosfato (0,487) y negativamente con el pH (-0,432).

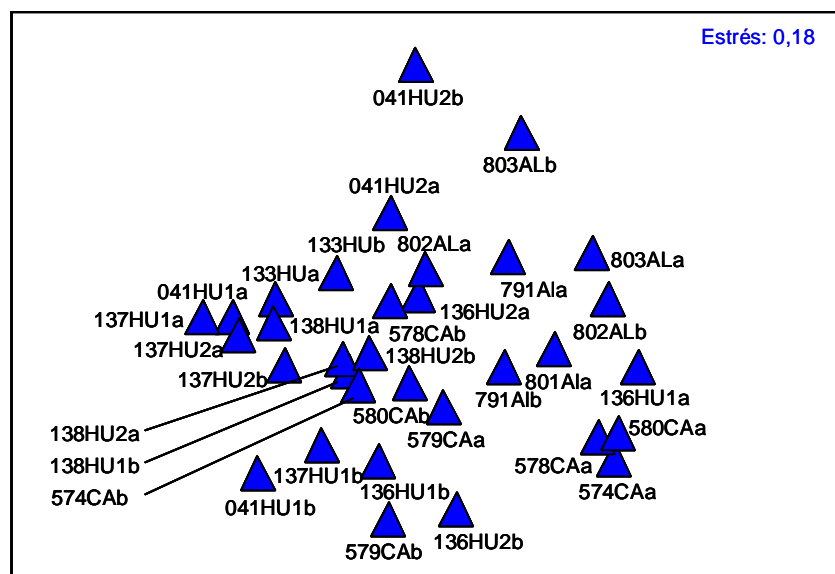
No se aprecia ningún grupo y, puesto que la varianza acumulada es muy baja, no puede extraerse ninguna conclusión sólida.

Fitoplancton

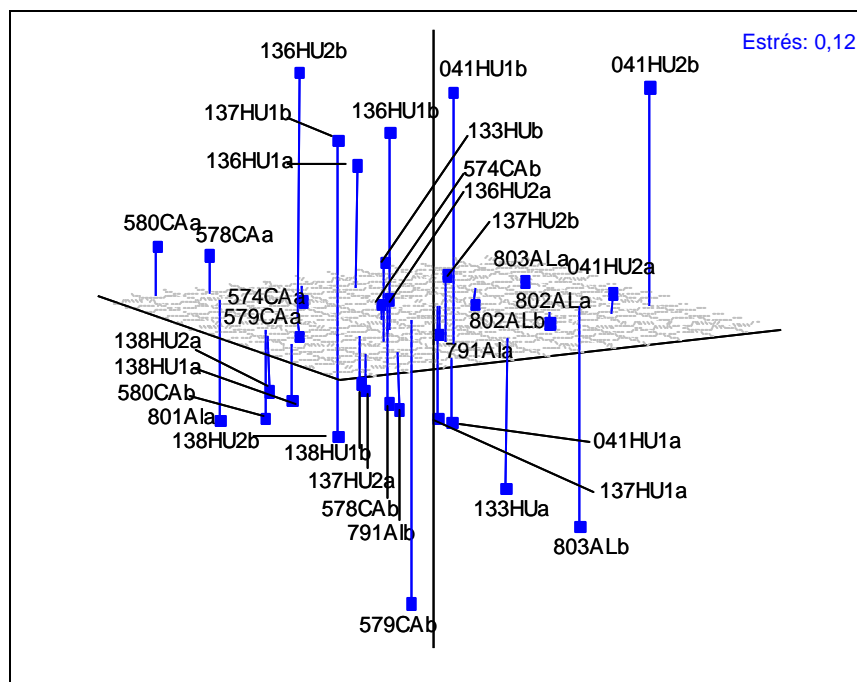
El análisis de escal multidimensional realizado con las familias de fitoplancton, que se presenta a continuación, presenta un nivel de estrés muy elevado (0,18), por lo que es poco esclarecedor.

Se observa que la estación 041HU2 en verano se separa del resto, lo cual es evidente si se tiene en cuenta que es una estación de agua dulce mientras el resto presenta alta mineralización e influencia de las mareas.

En invierno aparece mezclada con las de agua de mar porque el taxón predominante es una *Thalassiosira* de agua dulce, aunque el género es eminentemente marino. Por tanto, la estación se presenta ligada a las marinas cuando el análisis se hace a nivel de familia.



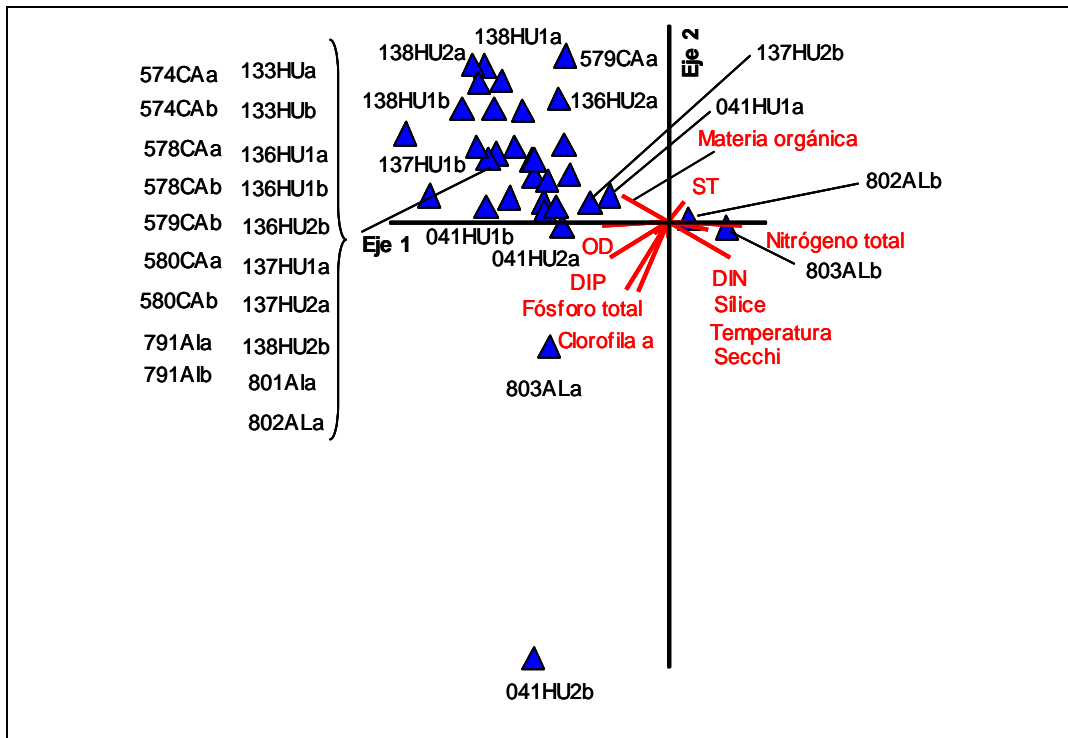
Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para fitoplancton en 2D.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para fitoplancton en 3D.

Si bien aparecen juntas en la misma zona del análisis de ordenación todas las salinas sin influencia directa de las mareas (791AL, 801AL, 802AL y 803AL), no existe una separación clara entre ellas y las estaciones con verdadera entrada de agua del mar. Posiblemente un mayor número de prospecciones determine esta diferenciación, pero aún es pronto para afirmar esto con seguridad.

La relación entre las variables físico-químicas y el fitoplancton aparece en el gráfico siguiente. Se omite la distribución de las familias en el espacio para que el gráfico sea legible:



Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para fitoplancton

El estero de Domingo Rubio en verano (041HU2b) se separa del resto tanto por conductividad (como se observa en el análisis de componentes principales) como por la composición del fitoplancton (como se observa en el análisis de escala multidimensional).

Las familias que lo caracterizan son *Chlorococcaceae*, *Hydrodyctiaceae*, *Scenedesmaceae* y *Nostocaceae*. El hecho de que la misma estación en invierno se asocie a las marinas denota que la composición del fitoplancton, con *Thalassiosira* como taxón dominante, tiene más peso en la configuración del análisis que la baja salinidad del agua.

Para la aplicación de la DMA no puede considerarse que la estación 041HU2 pertenezca al mismo grupo que las marinas, ya que es completamente distinta. La asociación a las mismas no es más que el resultado de haber considerado el fitoplancton sólo hasta nivel de familia, y no especie, lo cual se hizo necesario para la interpretación estadística global de los resultados.

No se aprecia tampoco una segregación clara entre las estaciones de clara influencia mareal y las salinas, aunque algunas de éstas se separan de la masa principal de

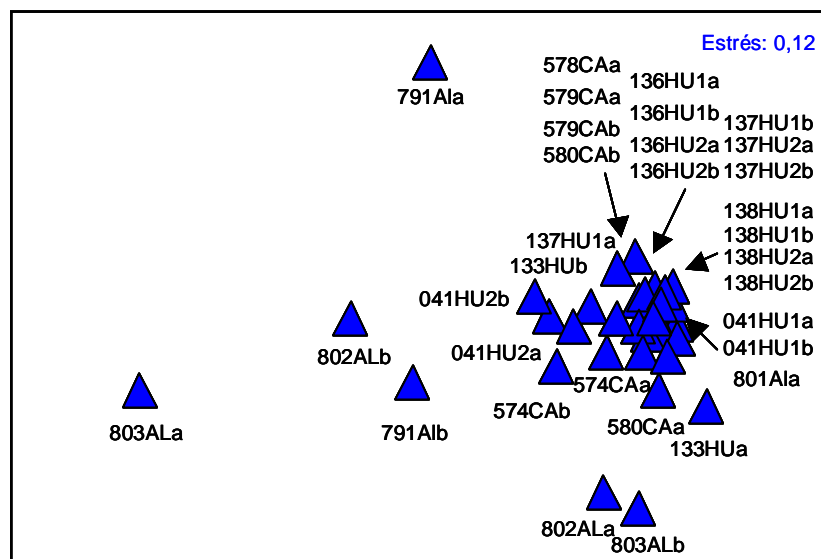
puntos.

Obviamente, la presencia de familias exclusivamente marinas (*Lithodesmiaceae*, *Leptocylindraceae*, *Hemiaulaceae*, etc.) va ligada por fuerza a las primeras.

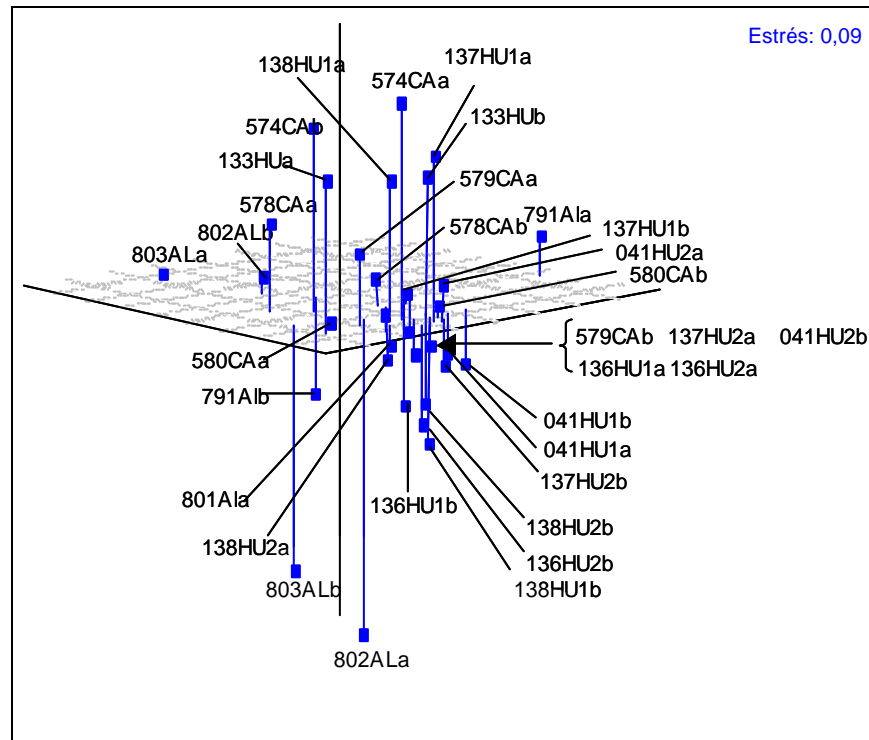
Un mayor número de datos permitiría discernir si esa diferenciación es necesaria para la aplicación de la DMA, aunque a priori puede suponerse que sí.

Zooplankton

La observación del análisis de ordenación multidimensional en dos y tres dimensiones que se expone a continuación muestra la disposición de los humedales de esta tipología atendiendo a la distribución de las comunidades de zooplancton.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para zooplancton en 2D.



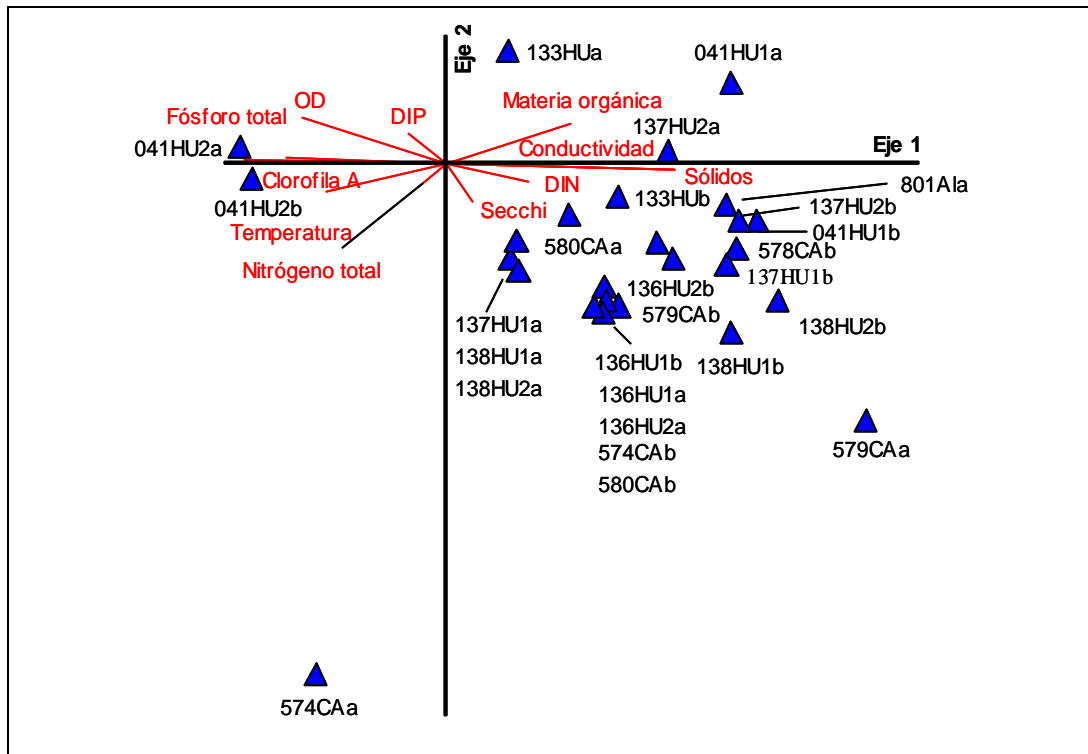
Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para zooplancton en 3D.

En dicha representación, todos los humedales aparecen muy agrupados y se separan de ellos lo que se podría considerar un grupo homogéneo.

Se trata de primer grupo compuesto por las salinas de Cerrillos (802AL) y salinas de Guardias Viejas (803AL). La característica principal de la comunidad de este grupo es el elevado número de efectivos de dos especies tolerantes a salinidades muy altas. Se trata del branchiópodo *Artemia salina* (familia *Artemiidae*) y el copépodo *Arctodiaptomus salinus*, perteneciente a la familia *Diaptomidae*. Estas especies no han aparecido en el resto de humedales de dicha tipología, ni en el resto del estudio.

Charcones de Punta Entinas (791AL) también aparece distanciado del resto de los humedales. En este caso se trata de taxa que sí aparecen en otros humedales, pero que en este humedal presentan puntualmente efectivos poblacionales altos, siendo los rotíferos de las familias *Hexarthridae* y *Brachionidae*.

El siguiente análisis de correspondencias canónicas no alcanzan un grado estadístico muy significativo, pero permite la visualización del resto de humedales al eliminar los datos pertenecientes a las salinas de Cerrillos, de Guardias Viejas y Charcones de Punta Entinas.



Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para zooplancton.

Mediante este análisis se observa la separación de dos grupos más.

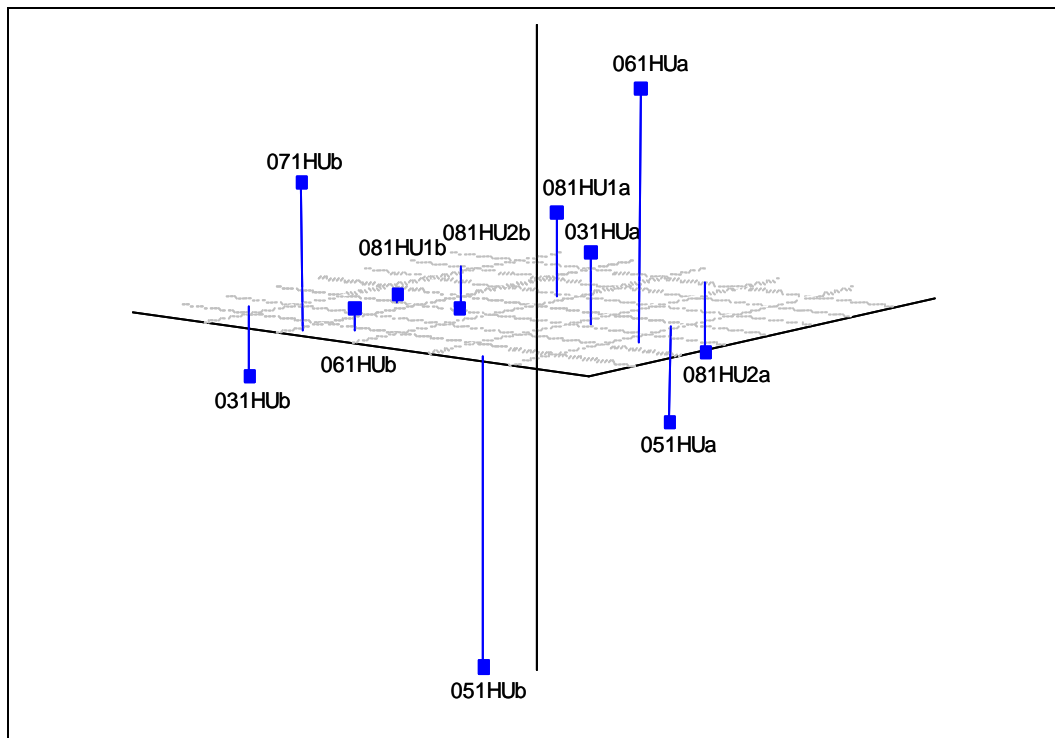
El segundo grupo está formado por el punto interior del Estero de Domingo Rubio (041HU2) tanto en invierno como en verano. Este punto de muestreo presenta una dinámica funcional muy distinta a los demás, dado que se encuentra en el interior y la influencia mareal que recibe es menor a los demás humedales. En él aparecen comunidades propias de agua dulce.

El tercer grupo está constituido por el resto de humedales. Éstos se distribuyen en un gradiente de salinidad, y tienen en común la entrada de agua de mar en mayor o menor grado. En ellos aparecen siempre familias asociadas a la salinidad del mar que no han aparecido en el resto del estudio. Estas son:

- Clase Copepoda: Familia *Tachidiidae* (*Euterpina acutifrons*) *Harpacticidae* (*Harpacticus littoralis*) y *Oithonidae* (*Oithona* sp.)
- Clase Branchiopoda: Familia *Podonidae* (*Pleopis polyphemoides*) y *Sididae* (*Penilinia avirostris*)

7.3 Tipología VII (de agua dulce, permanentes, menores de 1,5 km²)

Teniendo en cuenta las variables físico-químicas se ha realizado un análisis de componentes principales, obteniéndose el gráfico adjunto. Para una mejor visualización del mismo se ha omitido la estación 071HUa (Laguna de La Mujer en invierno), que aparecería situada más arriba, en el segundo cuadrante junto al eje 2. La varianza acumulada en los dos primeros ejes es del 61,2%, considerada aceptable.



Análisis de Componentes Principales con parámetros físico-químicos del agua.

El primer eje se encuentra correlacionado positivamente de forma significativa con los sólidos totales (0,433) y la conductividad (0,414), parámetros relacionados directamente con la salinidad. Puesto que todas las lagunas son dulces, las diferencias de salinidad son pequeñas y por tanto carecen de interés para la aplicación de la DMA dentro de esta tipología.

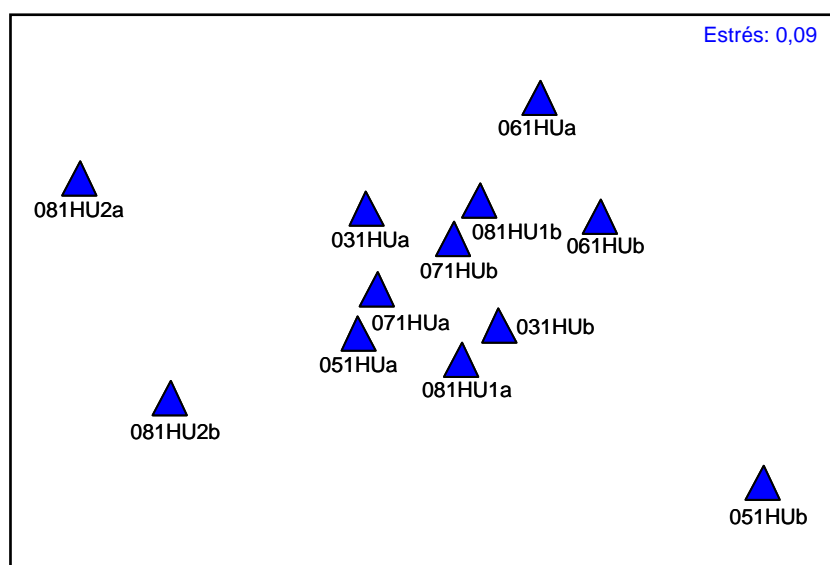
El eje 2 se correlaciona significativamente con el oxígeno disuelto (0,479) y, en menor grado, el amonio (0,41). No puede considerarse que esta sea una buena correlación con la eutrofia, ya que el oxígeno puede ser alto tanto en un sistema oligotrofo, en el que no se dan consumos masivos del mismo, como en uno eutrófico, cuando en la

zona fótica la fotosíntesis está acelerada durante el día.

De esta forma, aunque los resultados del análisis de componentes principales sean estadísticamente significativos, no bastan por sí solos para encontrar agrupaciones de interés en los humedales.

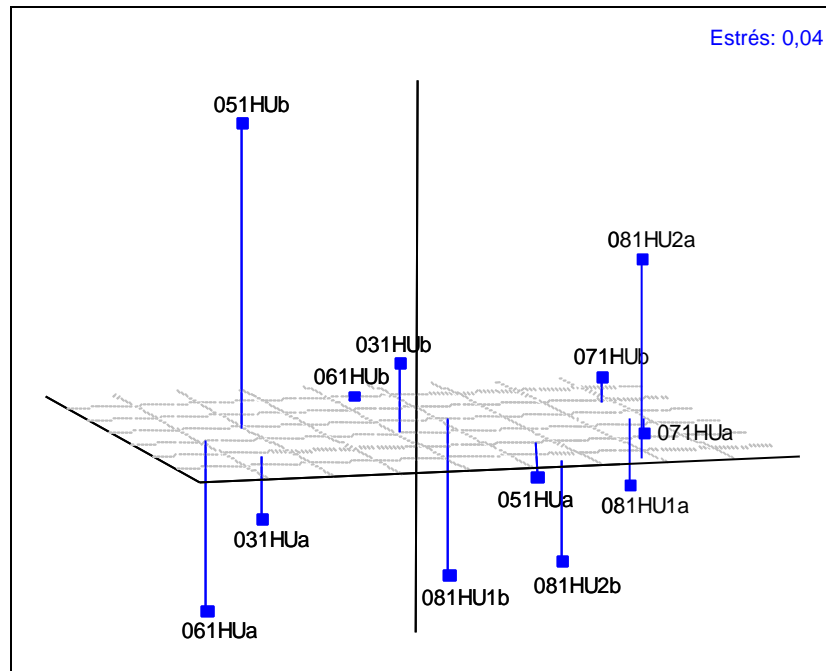
Fitoplancton

El análisis de escala multidimensional realizado, considerando únicamente las familias de fitoplancton, señala como muy distinta al resto la Laguna Primera de Palos en verano (051HUb). Se debe a la presencia casi exclusiva (98%) de la Familia *Oocystaceae*, (géneros *Oocystis*, 15% y *Chlorella*, 83%), lo cual no ha sido lo habitual en esta tipología.



Análisis de Escala Multidimensional para fitoplancton en 2D.

También se diferencia de los demás humedales, tanto en invierno como en verano, la estación 081HU2, situada en la convergencia de unos arroyos pequeños que alimentan a Las Madres. Esta separación se hace evidente si se tiene en consideración que este lugar es de carácter más o menos lótico, mientras que los demás sistemas son totalmente lénticos.



Análisis de Escala Multidimensional para fitoplancton en 3D.

El resto de humedales no aparece estructurado en grupos claramente diferenciados, ya que la composición florística que aparece, a nivel de familia, es muy similar en todos dada la semejanza estructural existente entre ellos.

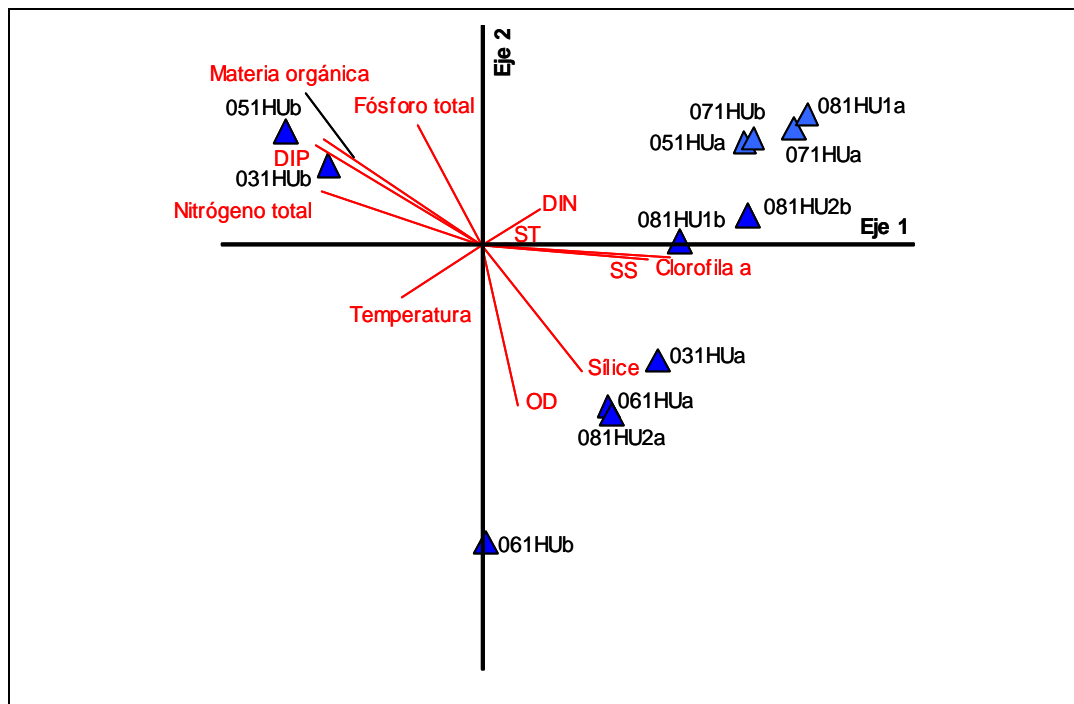
Para un análisis más global se presenta el análisis de correspondencias canónicas, que añade variables físico-químicas a las biológicas que se han usado en el clúster. La varianza acumulada en los dos primeros ejes es del 60%, considerada estadísticamente significativa.

Al aplicar este análisis, los humedales se asocian en tres grupos, que son los que siguen:

Grupo 1: Lagunas de El Portil (031HUb) y Primera de Palos (051HUb) en verano. Ambas se han clasificado como con nivel trófico bajo en las descripciones ambientales.

Grupo 2: Laguna de la Mujer (071HU), Laguna de Las Madres (081HU1 y 081HU2) y Laguna Primera de Palos en invierno (051HUa).

Grupo 3: Laguna de la Jara (061HU), El Portil en invierno y el punto de Las Madres fuera de la masa de agua principal en invierno (081HU2a).



Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) para fitoplancton.

El grupo 1 se caracteriza por encontrarse relacionado con bajos valores de clorofila y de sólidos en suspensión. Son relevantes los valores de DIP, nitrógeno total y fósforo total, pero estos parámetros van ligados a la Primera de Palos y no a El Portil. Como se indica en las fichas correspondientes, la Laguna Primera de Palos aparece con riesgo claro de eutrofización, ya que las características químicas son de eutrofia pero las biológicas no, por el momento.

Este grupo se caracteriza por varias familias: *Epithemiaceae*, *Diatomaceae*, *Colaciaceae*, *Nostocaceae* y *Oocystaceae*. La asociación entre estos dos humedales ha tenido lugar especialmente por la familia *Oocystaceae*, ya que en ambos ha sido dominante, aunque con taxa diferentes, *Monoraphidium convolutum* en El Portil y *Chlorella sp.* en la Primera de Palos. Ambos pueden aparecer en sistemas eutróficos pero en estos humedales aportan poca biomasa.

Los grupos 2 y 3 tienen un elevado nivel trófico. Los mayores niveles de fósforo total aparecen en este grupo y es prácticamente generalizado que el nitrógeno total sea elevado en el conjunto. También el DIN y la clorofila son más altas dentro de estos grupos, aunque ha habido diferencias entre los distintos humedales. El análisis de

correspondencias canónicas muestra una separación entre los grupos 2 y 3 en función del tipo de flora que presentan.

En el grupo 2 aparecen como dominantes determinadas familias caracterizadas por formas cocales móviles (*Rhodomonas minuta*, *Cryptomonas*, *Chlamydomonas*, *Pteromonas*, etc.), a veces muy separadas filogenéticamente pero de morfología similar.

En el grupo 3 las formas mayoritarias han sido formas cocales inmóviles (*Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Dictyosphaerium*, *Micractinium*, *Ankyra*, *Tetraedron*, *Goniochloris*, etc.).

Las lagunas Primera de Palos y El Portil, pertenecientes al grupo 1, en invierno aparecen asociadas a los grupos 2 y 3, respectivamente, por la presencia de *Chlamydomonas* (móvil) y *Ankyra judayi* (inmóvil) respectivamente, sin que esto suponga que se encuentren en estado de eutrofia. Es decir, el tipo de flora que presentan las ha hecho asociarse a un grupo al que no corresponden plenamente según el nivel trófico.

Algo similar sucede con el punto 2 de la Laguna de Las Madres (081HU2). Al presentar cierto carácter lótico, la flora que presentan tiene gran diversidad de especies de diatomeas bentónicas de las familias *Naviculaceae* y *Nitzschiaceae*. El análisis ha asociado las primeras al grupo 2 y las segundas al grupo 3. Esto hace que la estación 081HU2 oscile de uno a otro en función de qué diatomeas sean más abundantes según la época del año. Así, esta estación parece estar integrada en los grupos anteriores aunque realmente tiene una dinámica completamente diferente al resto.

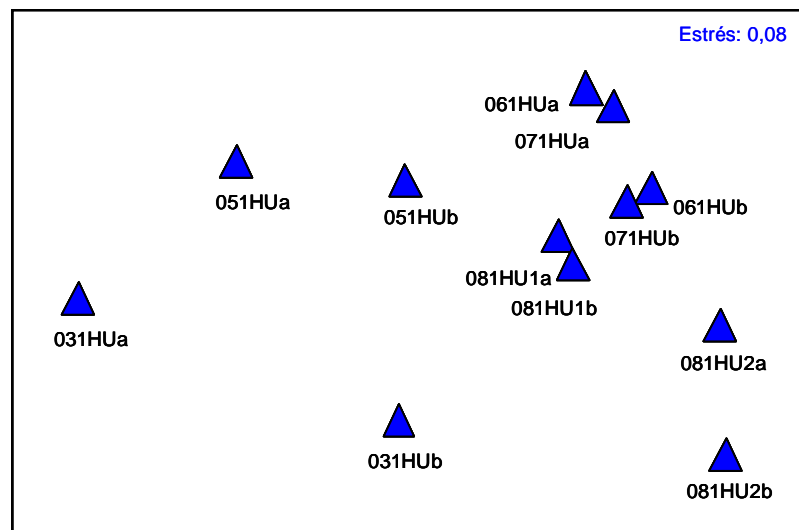
Zooplankton

En primer lugar, antes de realizar una aproximación a las distintas similitudes, se ha de considerar un aspecto importante. En todos los análisis biológicos se han incluido las larvas de copépodos (nauplios), como una familia más. Su inclusión es interesante desde el punto de vista ecológico, ya que son pequeños y se comportan como microfiltradores pasivos. Sus efectivos poblacionales suelen ser altos, por lo que, cuando abundan otros microfiltradores pasivos (rotíferos principalmente), las

comunidades que forman son un buen indicador ecológico de eutrofia en el sistema, por lo que han de ser consideradas en el estudio.

La contrapartida es que estas larvas (indiferenciables unas de otras) pueden pertenecer a distintas familias de copépodos, según el adulto que aparezca en cada humedal, y al considerarlas se establecen similitudes que, como se puede ver a continuación, necesitan aclaraciones.

En el análisis de escala multidimensional se puede observar la similaridad entre los humedales atendiendo a las comunidades de zooplancton halladas en ellos. Del análisis, se pueden establecer tres grupos diferentes entre sí:

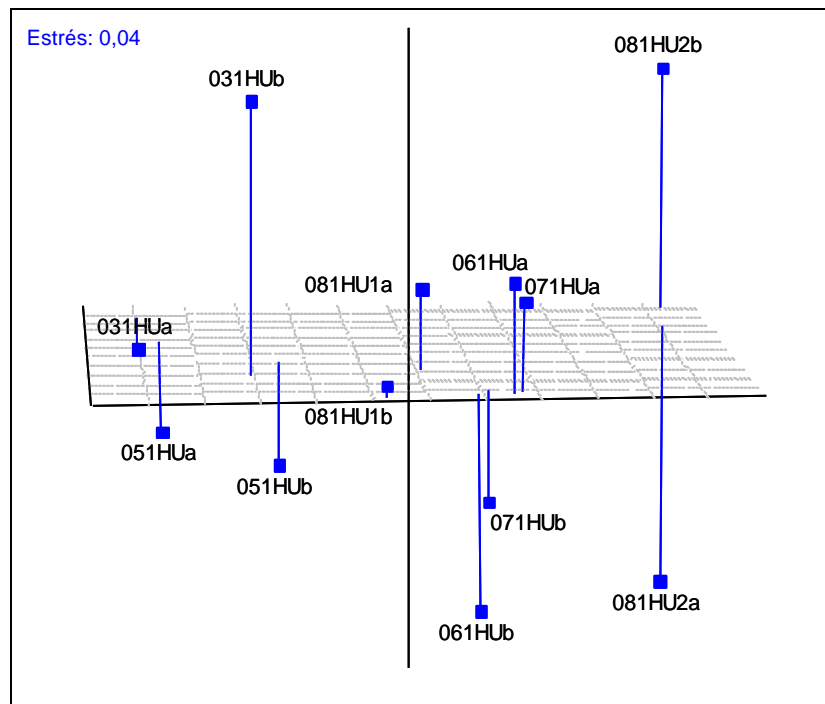


Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para zooplancton en 2D.

Grupo 1: Lagunas de El Portil (031HU) y Primera de Palos (051HU),

Grupo 2: Arroyo que alimenta a la laguna de Las Madres (081HU2), con una similitud poco significativa.

Grupo 3: Laguna de la Mujer (071HU), Laguna de la Jara (061HU) y Laguna de Las Madres (081HU1), con más del 60% de similitud entre ellas.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para zooplancton en 3D.

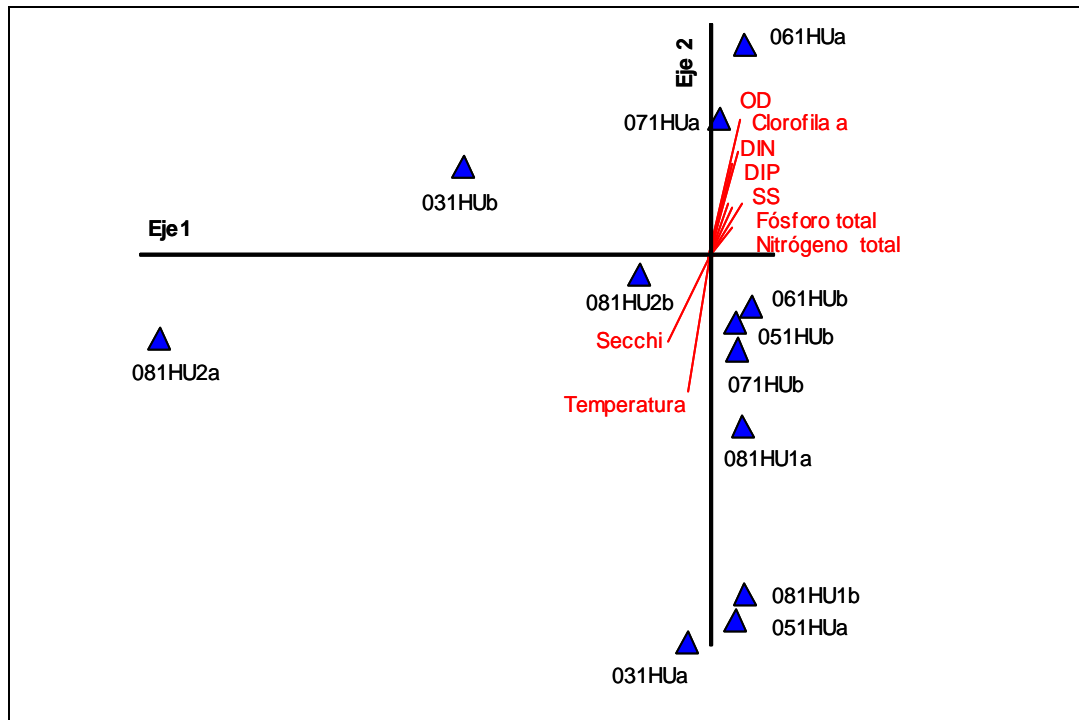
El grupo 1 se encuentra constituido por las lagunas de El Portil y Primera de Palos. Estos humedales son muy similares en sus comunidades zooplanctónicas ya que comparten la familia de cladóceros *Daphniidae* (géneros *Daphnia* y *Ceriodaphnia*) y la de copépodos *Diaptomidae* (*Copidodiaptomus numidicus*), en ambas campañas. En invierno, las comunidades se caracterizan por individuos de gran tamaño (cladóceros y grandes copépodos). El grado de acercamiento al resto de los humedales en verano se debe a que aparecen más larvas de copépodos (nauplio), pero hay que distinguir que estos nauplios pertenecen a la población de *Copidodiaptomus numidicus*, que se ha dado en estos dos humedales. Ambos humedales presentan un buen estado ambiental en las fichas descriptivas individuales.

El grupo 2 queda formado por el arroyo que alimenta a la laguna de Las Madres (081HU2), caracterizado por tener muy poca densidad de organismos y por ser éstos de hábitos litorales. Como este humedal tiene una dinámica lótica a diferencia de todo el resto, las familias que aparecen en él tienen hábitos principalmente bentónicos, como las especies de rotíferos de las familias *Lecanidae* (*Lecane hamata*), *Colurellidae* (*Lepadella patella*) y *Testudinellidae* (*Tetudinella patina*). Su separación del resto de humedales se observa muy bien en el análisis de escala multidimensional representado en tres dimensiones.

En el grupo 3 se observa una agrupación muy interesante dentro de la tipología 1. Las lagunas de La Mujer, La Jara y Las Madres son los humedales que han presentado un mayor grado de eutrofia en las descripciones individuales realizadas para ellos, y comparten familias que se pueden considerar en conjunto, comunidades indicadoras de eutrofia en este tipo de humedales dulces y permanentes. En ellos han predominado los rotíferos de las familias *Synchaetidae* y *Brachionidae*, los copépodos de pequeño tamaño pertenecientes a la familia *Cyclopidae* y sus nauplios, predominando en general, comunidades de pequeño tamaño.

En el siguiente análisis canónico de correspondencias se puede observar una visión de la distribución de humedales atendiendo a los distintos parámetros físico-químicos, además de las comunidades de zooplancton. La varianza acumulada en el segundo eje es de un 62,5%, por lo que se considera estadísticamente significativo (se han eliminado las especies para facilitar la interpretación de la ordenación de los humedales). En esta aproximación se siguen estableciendo los mismos grupos, pero no de forma tan homogénea a como se ha observado anteriormente.

El grupo 1 situado en la parte inferior del cuarto cuadrante agrupa a la Laguna de El Portil (031HUa) y laguna Primera de Palos (051Hua) en invierno, al igual que sucedía en el cluster. Sin embargo, aparece la estación de verano de la laguna de las Madres (081HU1b). Estos humedales han presentado unas comunidades caracterizadas por la predominancia de organismos de gran tamaño (cladóceros y copépodos). En la laguna de las Madres en verano se observa una disminución clara de la concentración de clorofila a y de los sólidos totales, por ello se asocia a estos dos humedales en la representación gráfica. Comparte también con la laguna de el Portil y la Primera de Palos la presencia de organismos pertenecientes a la familia de cladóceros *Daphniidae*, pero la estructura general de su comunidad es distinta.



Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para zooplancton.

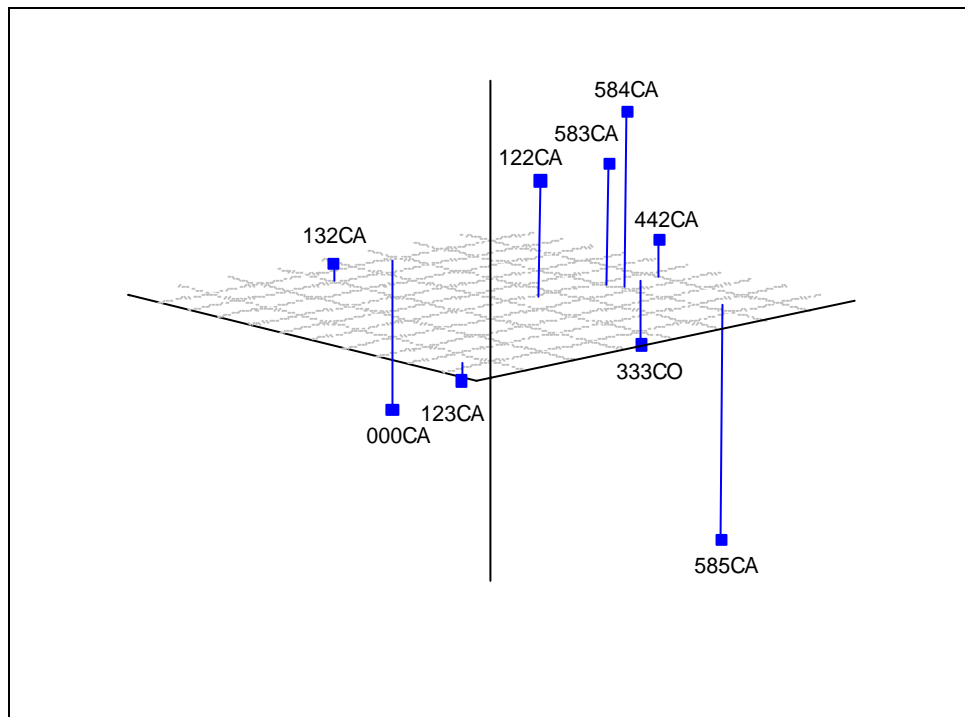
En el grupo 2 aparecen distribuidos de forma dispersa las estaciones del arroyo que alimenta a la laguna de Las Madres (081HU2), y la estación de verano de la laguna de El Portil (031HUb), asociadas por la baja concentración de fósforo total.

El grupo 3 se sitúa en la parte derecha del eje 1, distribuidos a distintas alturas en el eje 2. Este grupo aparece formado por las lagunas de la Mujer (071HU), de la Jara (061HU), las Madres en invierno (081HU1b) y de Palos en verano (051HU1b). Este último humedal en verano no presenta comunidades biológicas indicadoras de eutrofia como el resto de estos humedales, pero se acerca a ellos por la elevada concentración de fósforo inorgánico disuelto (DIP), lo que determina una tendencia a la eutrofia debida a parámetros físico-químicos (clorofila a y nutrientes), que ha sido la tónica general en este grupo.

Se ha de observar que las comunidades en todos los humedales tienen un claro componente estacional, por lo que su interpretación sería más completa a largo plazo.

7.4 Tipología IX (de agua dulce , temporales, menores de 1,5 km²).

Atendiendo a los parámetros físico-químicos la distribución de los humedales es bastante dispersa, como se observa en el siguiente análisis de componentes principales:



Análisis de Componentes Principales (PCA) para parámetros del agua.

Las variables que más influyen en la distribución son las formas del nitrógeno, el fósforo y todos los parámetros que indican salinidad.

- Con el eje 1 aparecen mejor correlacionadas la conductividad (-0,907) y los iones mayoritarios cloruro (0,898), sulfato (0,857) y sodio (-0,891) y el amonio (0,734). Los extremos los ocupan la Laguna del Tejón (000CA), la más salina y El Perezoso (585CA) de las más dulces con carga importante de amonio.
- El eje 2 está correlacionado con los sólidos en suspensión (-0,802) y el fósforo total (-0,810) y disuelto (-0,817). Las lagunas se disponen desde las Lagunetas de Alcalá

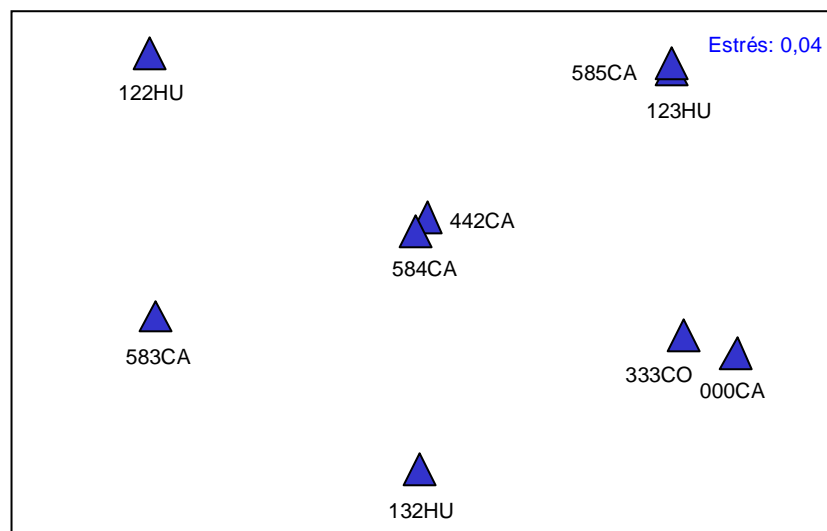
(442CA), pobres en fósforo, hasta La Dehesilla (123HU), con muchos sólidos en suspensión y fósforo.

- El eje 3 se correlaciona con las distintas formas de nitrógeno: total (-0,704), nitrato (-0,735), nitrito (-0,760) y DIN (-0,725). Los extremos están ocupados por las lagunas de El Picacho y El Perezoso.

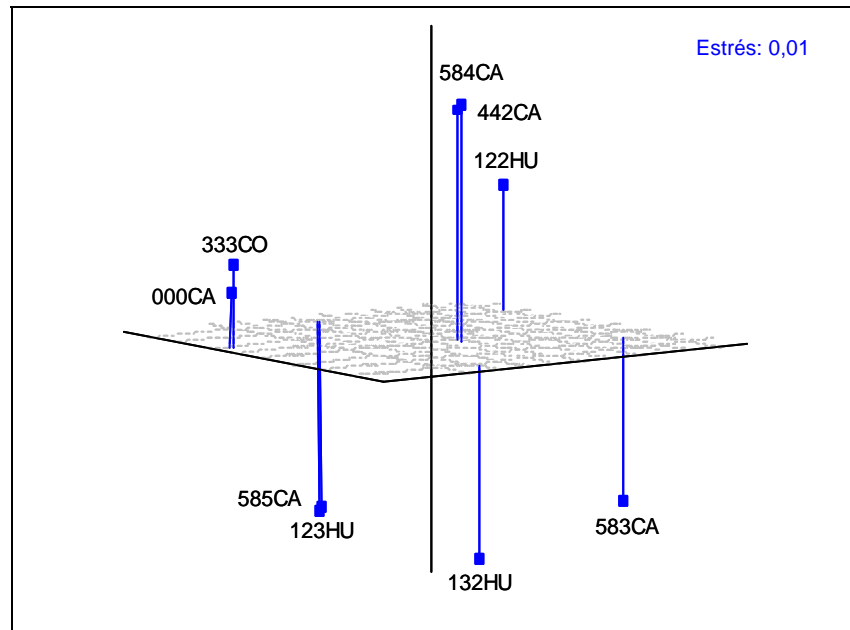
Existe todo un gradiente de distribución a lo largo los ejes, de modo que no se aprecian agrupaciones entre las estaciones. Esto es lo esperable en ecosistemas de naturaleza altamente fluctuante.

Fitoplancton.

La similitud entre las comunidades de fitoplancton permite organizar en el análisis MDS los humedales en tres parejas, quedando otros tres humedales independientes. El nivel de estrés es bajo: 0,01 en tres dimensiones y 0,04 en dos dimensiones, por lo que es significativo. Los humedales quedan asociados de la siguiente manera:



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para fitoplancton en 2D.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para fitoplancton en 3D.

Grupo 1.- La laguna de El Picacho (584CA) y las Lagunetas de Alcalá (442CA): se encuentran muy próximas geográficamente. Tienen una composición del fitoplancton muy parecida y aparecen asociadas si se considera a nivel de familia. En cada uno de estos dos humedales aparecen 17 familias, de las que 12 son comunes.

Las familias que caracterizan a El Picacho y las Lagunetas de Alcalá son *Cryptomonadaceae*, *Chlamydomonaceae*, *Oocystaceae*, *Nitzschiaceae* y, particularmente en El Picacho, *Naviculaceae*.

Sin embargo, aparecen diferencias importantes a nivel de especie, quedando muy separados ambos humedales, pues de las 32 especies de El Picacho y las 31 de las Lagunetas de Alcalá sólo son 6 las que presentan en común.

Grupo 2.- La laguna de La Dehesilla (123HU) y El Perezoso (585CA): aunque muy separadas geográficamente, a nivel de familia se observa gran parecido en las comunidades, ya que de La Dehesilla presenta 8 familias, todas presentes entre las 13 que aparecen en El Perezoso. Las que más densidad alcanzan son *Oocystaceae*, *Nitzschiaceae*, *Naviculaceae* y *Euglenaceae*.

No obstante, a nivel de especie los humedales son muy diferentes, pues del total de 37 especies que suman entre los dos, sólo 5 son comunes. Es decir, un 86% de las especies se encuentran sólo en uno de los dos humedales.

Grupo 3.- La laguna del Tejón (000CA) y la Nava Alta de Cabra (333CO): también geográficamente son muy distantes, pero comparten 8 familias de las 12 que tiene el Tejón y las 11 de la Nava Alta de Cabra. De las comunes, las que más población han aportado son *Achnantheaceae*, *Naviculaceae*, *Nitzschiaceae* y *Surirellaceae*, todas diatomeas pennales, que son de hábitat principalmente bentónico.

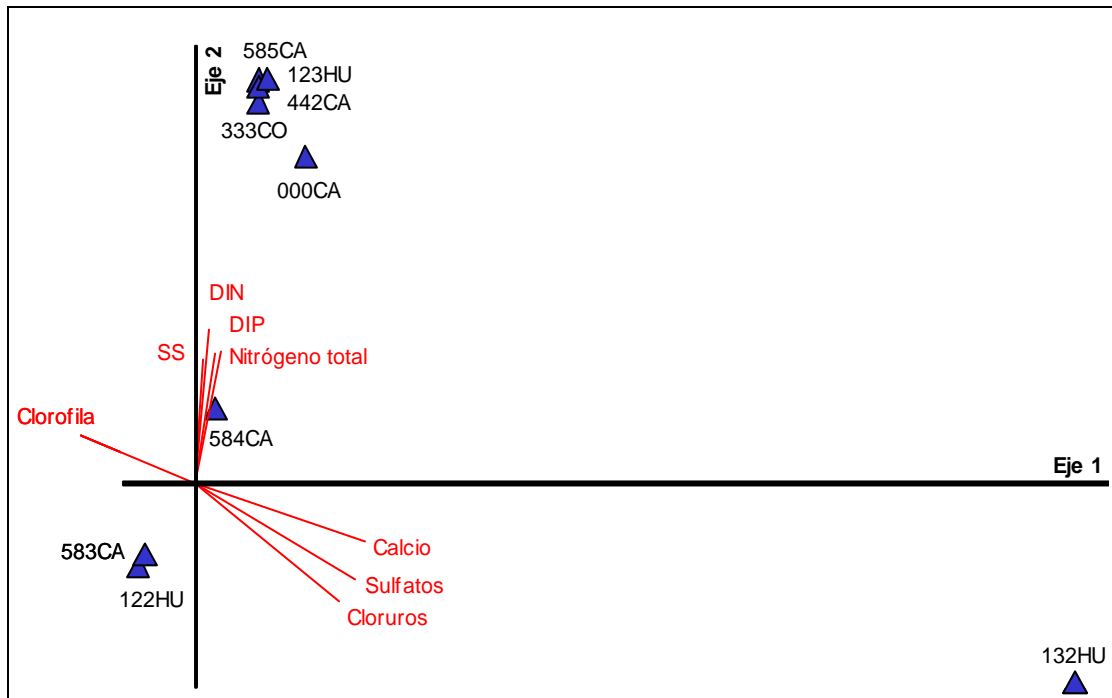
Sin embargo, de nuevo sucede que a nivel de especie los dos humedales son muy distintos. Un 83% de las especies aparecen en un humedal y no en otro. Es comprensible, puesto que la diferencia de salinidad entre ellos es importante.

Esta variabilidad entre los nueve humedales obedece a que se trata de ecosistemas muy fluctuantes. El pequeño volumen de agua que almacenan hace que la variabilidad estacional e interanual sea muy elevada, mucho más que en humedales permanentes. Las especies están adaptadas a las fluctuaciones.

Debido a la gran variabilidad temporal, pueden encontrarse dentro de un humedal muchas diferencias de un muestreo puntual a otro, así como entre humedales que realmente sean muy parecidos.

Si se analiza la riqueza acumulada en un periodo de estudio amplio, con un número elevado de prospecciones, la biodiversidad se dispara y es entonces cuando se pueden encontrar parecidos y diferencias entre estaciones. De esta forma, teniendo un único muestreo, es lógico esperar una elevada dispersión entre los humedales, pero es posible hacer una primera aproximación a la diversidad de estos ecosistemas.

La conjunción de las variables físico-químicas y biológicas se representa en el siguiente análisis canónico de correspondencias. Los dos ejes acumulan un 67,4% de la varianza, por lo que es significativo y explica bien la distribución:



Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) para el fitoplancton.

Se observa que los humedales se distribuyen en dos grupos, quedando algunos aislados.

- Grupo 1: recoge las lagunas de El Perezoso (585CA) y La Dehesilla (123HU), las Lagunetas de Alcalá (442CA) y la Nava Alta de Cabra (333CO).
- Grupo 2: incluye la Charca de la Camilla (583CA) y los Cabezos de Terrón (122HU).

Quedan separados del resto y sin incluir en grupo alguno la Laguna del Tejón (000CA), próxima al grupo 1; la Laguna de El Picacho (584CA) y Vía Verde del Pinillo (132HU).

El grupo 1 tiene niveles altos de nitrógeno total e inorgánico disuelto. También la Laguna del Tejón presenta bastante nitrógeno total, lo que le hace aproximarse al grupo, aunque sus aguas sean más mineralizadas que en el resto de los humedales.

La familia que de forma generalizada está más extendida en el grupo es *Nitzschiaceae* y en segundo lugar, *Naviculaceae*. No existe ninguna relación entre estas taxa y el nivel trófico, ya que engloban especies de los más dispares requerimientos tróficos, desde aguas oligotróficas a hipereutróficas. Pero se trata en general de familias principalmente de hábitos bentónicos, por lo que son más frecuentes en aguas someras.

El gráfico muestra otras familias asociadas al grupo (*Achnanthaceae*, *Oocystaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Desmidiaceae*, etc.) pero no son exclusivas del mismo ni están bien representadas en todo el grupo.

En el grupo 2 las lagunas no aparecen mezcladas en virtud de los parámetros físico-químicos. Presentan cierta similitud en las comunidades biológicas, pues son las que mayor densidad de *Euglenaceae* y *Cryptomonadaceae* han presentado. Aparecen en el gráfico otras familias asociadas a estos humedales porque han aparecido únicamente en ellas, lo que puede haber favorecido su diferenciación del resto: *Coscinodiscaceae* y *Diatomaceae* (Charca de la Camilla) y *Synuraceae* (Cabezos de Terrón).

Quedan separadas de todo el resto la laguna de El Picacho (584CA) y Vía Verde del Pinillo (132HU).

El Picacho presenta una flora muy semejante, a nivel de familia, a la que aparece en el grupo 1, pues comparte con éste un 82% de las familias del fitoplancton. De hecho, el análisis MDS, que trabaja sólo con variables biológicas, asocia fuertemente El Picacho a las Lagunetas de Alcalá, pertenecientes al grupo 1.

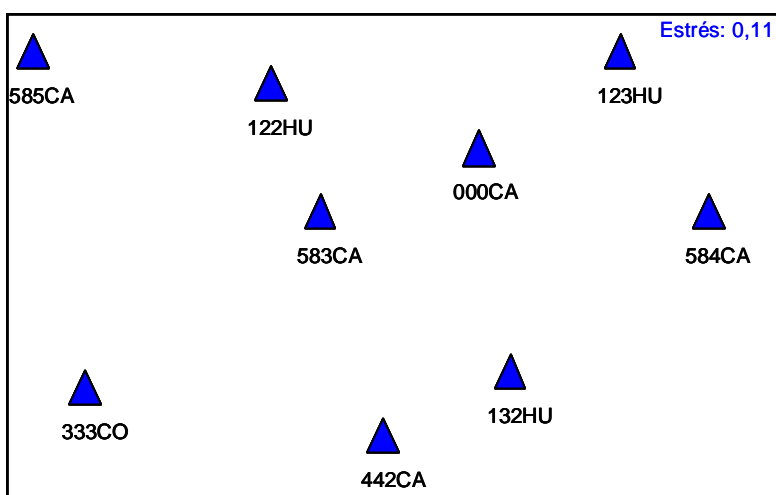
No aparece, sin embargo, integrada en el grupo por presentar unos niveles de nitrógeno, tanto total como disuelto, mucho más bajos y tres familias ausentes en dicho grupo: *Palmellaceae* y *Ulothricophyceae* (ambas exclusivas de El Picacho) y *Oedogoniaceae*.

La Vía Verde del Pinillo presenta dos caracteres responsables de que se separe de todo el resto de humedales. Por una parte, está más mineralizada que las demás. Tan sólo el Tejón presenta salinidad similar. En segundo lugar, su flora es diferente al resto, incluyendo el Tejón, a la que podría haberse asociado por salinidad semejante. La familia dominante, con un 96% de la población, es *Isochrysidaceae*, exclusiva de este humedal y con una única especie encontrada, *Chrysidalis* sp.

La segregación entre humedales que se ha descrito está sujeta a variaciones importantes. Como se ha comentado, las poblaciones se suceden en el tiempo con gran velocidad, por lo que pueden existir proliferaciones pasajeras o especies que hayan aparecido de forma esporádica en el momento del muestreo. Los muestreos sucesivos en el tiempo permiten conocer con más certeza la dinámica de estos ecosistemas tan fluctuantes.

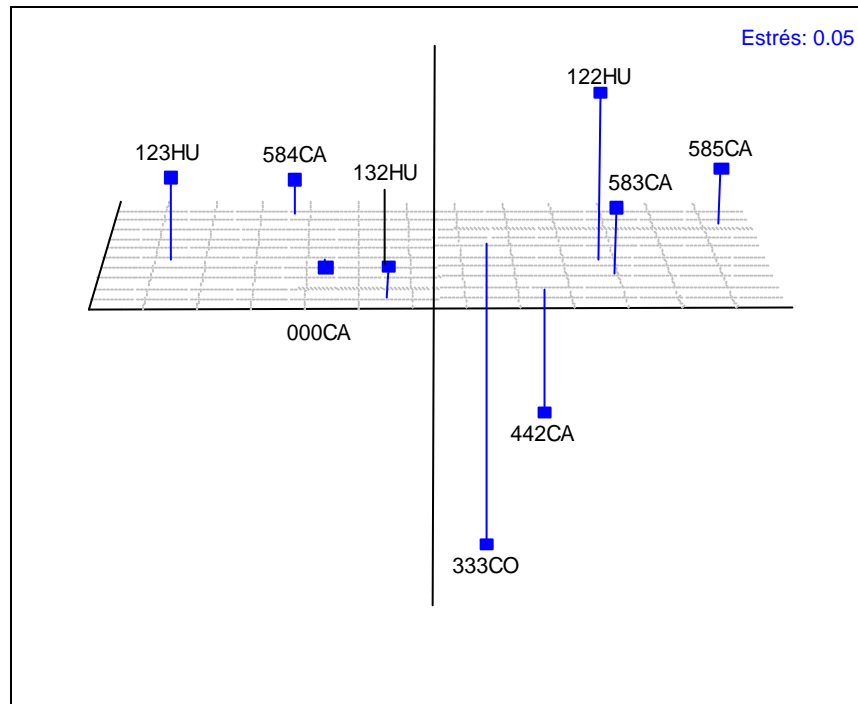
Zooplancton.

El análisis MDS realizado en dos dimensiones, considerando únicamente las familias de zooplancton, resulta poco significativo estadísticamente, dado que acumula un estrés alto. La baja similitud de la composición de zooplancton entre los humedales es un rasgo característico de esta tipología, dado que comparten familias puntualmente y además, las especies que pertenecen a estas familias, son muy distintas de unos puntos a otros.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para zooplancton.

La representación en tres dimensiones de dicha similitud que se puede visualizar a continuación, pone de manifiesto dicha dispersión en la distribución de los humedales atendiendo a la composición del zooplancton. El estrés de esta representación es de 0,05, por lo que es estadísticamente significativa.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para zooplancton en 3D.

A la derecha de la representación quedan situadas las lagunas en cuya comunidad aparece la familia de rotíferos *Brachionidae*, que no aparece en el resto. Pero aún así, dentro de dicha familia las especies de los distintos humedales pertenecen a varios géneros distintos, siendo éstos *Keratella*, *Notholca* y *Brachionus*.

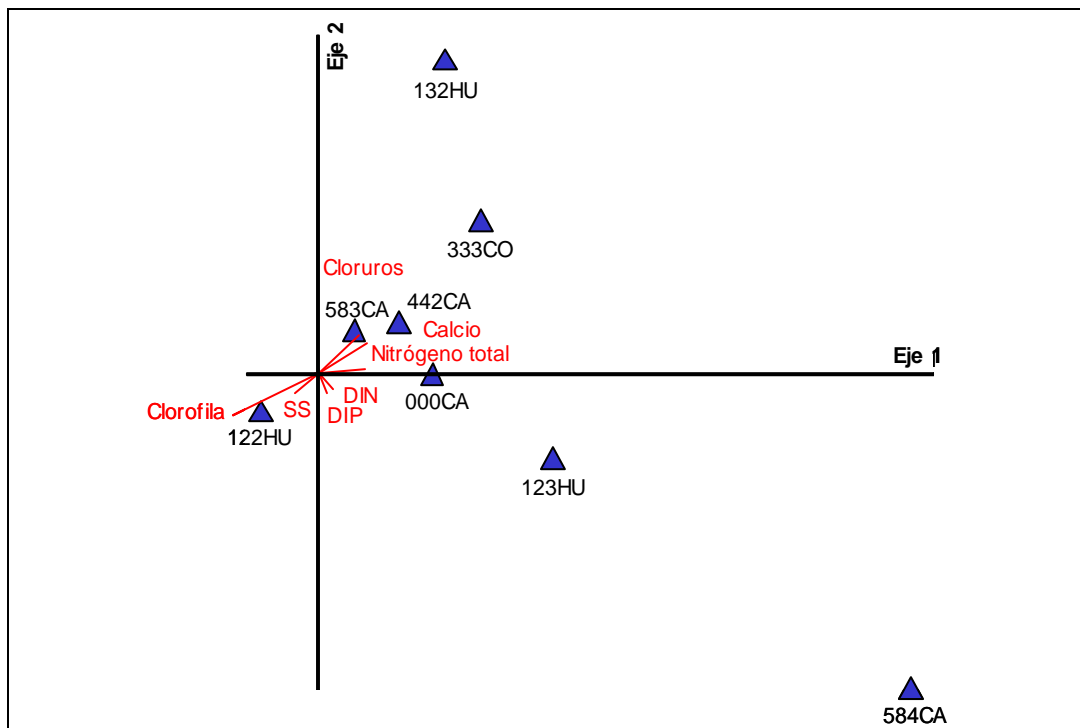
Quizás el carácter común y más interesante de esta tipología, a nivel de zooplancton, es la heterogeneidad en la composición de la comunidad de un humedal a otro. Se trata de humedales someros y temporales, por lo que la composición físico-química del agua, además de encontrarse definida por la geología de la zona, fluctúa de modo muy acusado con las condiciones climáticas.

Esta variabilidad influye en la composición de la comunidad, según se encuentre en la fase de inundación (dilución de los distintos parámetros), llenado, o cuando el humedal se está secando (concentración), por lo que se trata de humedales con un gran potencial de biodiversidad desde el punto de vista tanto espacial, como temporal.

Aunque estos humedales comparten muchas familias, en general han sido muy diversas a nivel de género y especie. Las especies de rotíferos en estos humedales han sido principalmente de hábitos litorales, dada la poca profundidad de los cuerpos de agua, y

muy similares al resto de los humedales de este estudio. En relación a los copépodos, que han sido mucho más diversos que en otras tipologías si se compara con el número de humedales tratados en cada una de ellas, cabe destacar el desarrollo de algunas especies de carácter estepario propias de zonas semiáridas, como *Metacyclops minutus* o *Arctodiaptomus wierzejskii*. De los cladóceros, aparecen dos especies endémicas; *Alona iberica* y *Daphnia (Ctenodaphnia) hispanica* en los Alcornocales, que hasta ahora no se habían citado en este lugar.

En el siguiente Análisis Canónico de Correspondencias, se añaden las variables físico-químicas del agua a las biológicas. La varianza acumulada en los dos primeros ejes es del 60%, lo cual es estadísticamente significativo:



Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para zooplancton.

En el primer cuadrante se sitúan los humedales que han coincidido en mayor concentración de iones. La laguna de La Dehesilla (132HU) y Laguna del Tejón (000CA) son los humedales con mayor conductividad en esta tipología. La Nava Alta de Cabra (333CO) tiene mucha menor conductividad, pero presenta una concentración de calcio y

bicarbonato mayor que en el resto de los humedales, debido a la naturaleza calcárea del terreno. La mayor o menor separación entre los humedales situados en este cuadrante estriba en la concentración de nitrógeno y en la composición de las comunidades en las que, como se ha comentado anteriormente, se observa una alta heterogeneidad.

En el segundo cuadrante aparecen distribuidas las lagunas con mayor concentración de fósforo. Éstas han sido La Dehesilla (123HU) y la Laguna del Picacho. Esta última se separa mucho por la población de grandes anostráceos de la familia *Chirocephalidae* que han sido exclusivos en este humedal.

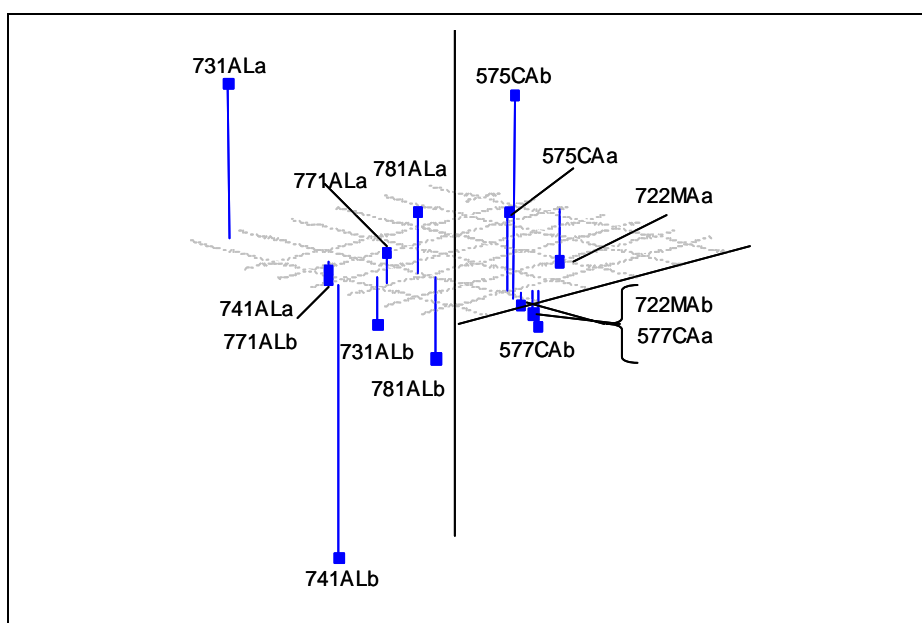
Cabe destacar que en el tercer cuadrante aparece aislada la laguna Cabezos de Terrón (122HU), caracterizada por tener una concentración de clorofila a alta y sólidos en suspensión. Este humedal, que ha destacado por tener un nivel trófico alto también se aleja del resto por la totalidad de la composición de la comunidad, en la que han predominado los organismos microfiltradores de pequeño tamaño. Es el humedal que mayores efectivos poblacionales ha presentado y en el momento del muestreo, dominan los rotíferos y las larvas de copépodos (nauplios).

BENTOS

7.5 Tipología III (de agua con salinidad considerable, menores de 1,5 km²)

Macroinvertebrados bentónicos

En esta tipología, el análisis de componentes principales aplicado a los parámetros que determinan las características físico-químicas del sedimento, refleja una varianza acumulada en los tres primeros ejes del 78,8%, por lo que el análisis es significativo y se considera aceptable. Los resultados se representan en el siguiente gráfico:



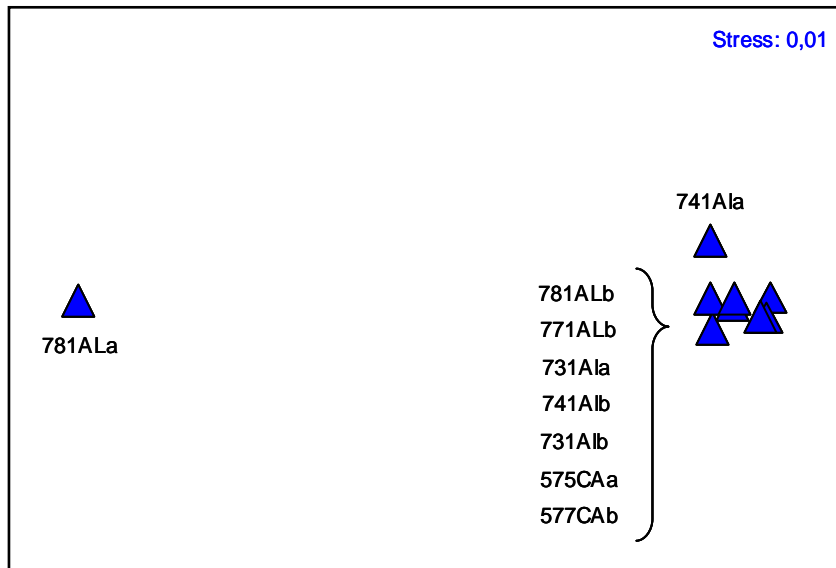
Análisis de Componentes Principales (PCA) para parámetros del sedimento.

Según se desprende del análisis, las variables físico-químicas que más contribuyen a la distribución de los humedales son:

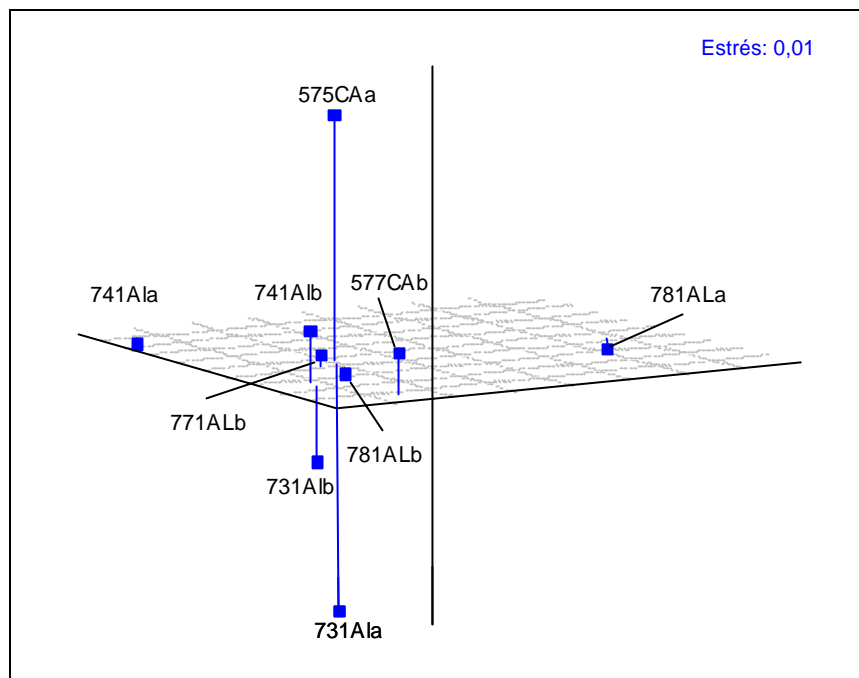
- En el eje 1 se correlacionan de forma negativa el fósforo total (-0,646) y los metales en el sedimento, tales como el cinc (-0,944), cobre (-0,859), manganeso (-0,829), plomo (-0,846) y el hierro (-0,930).
- En el eje 2 la variable más significativa es el oxígeno disuelto (0,925), correlacionada de forma positiva.
- El eje 3 se correlaciona con la temperatura (-0,735) y los nitratos (-0,693).

Según se observa en la distribución, la desembocadura del río Antas (731AL) en invierno y la desembocadura del río Aguas en verano, presentan unas condiciones particulares que determinan la distribución de las estaciones.

Al aplicar el análisis de escala multidimensional a los datos biológicos obtenidos, se obtienen los siguientes gráficos en dos y tres dimensiones:

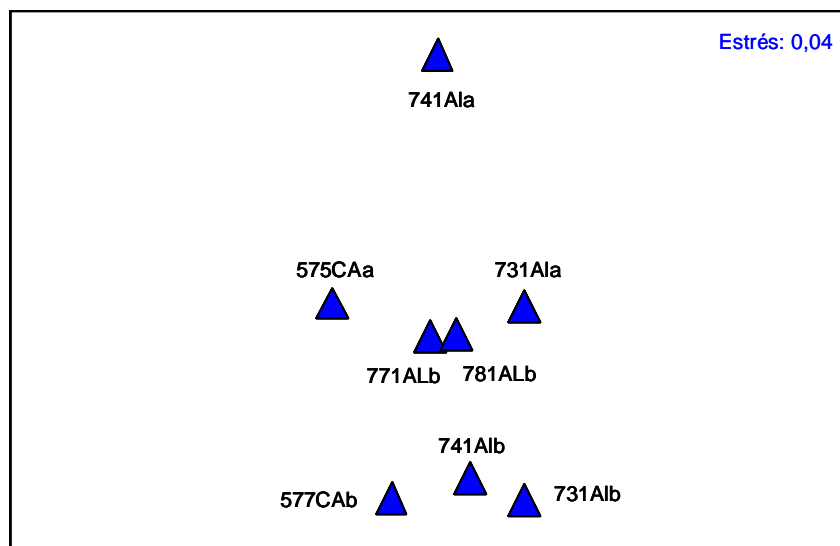


Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 2D.

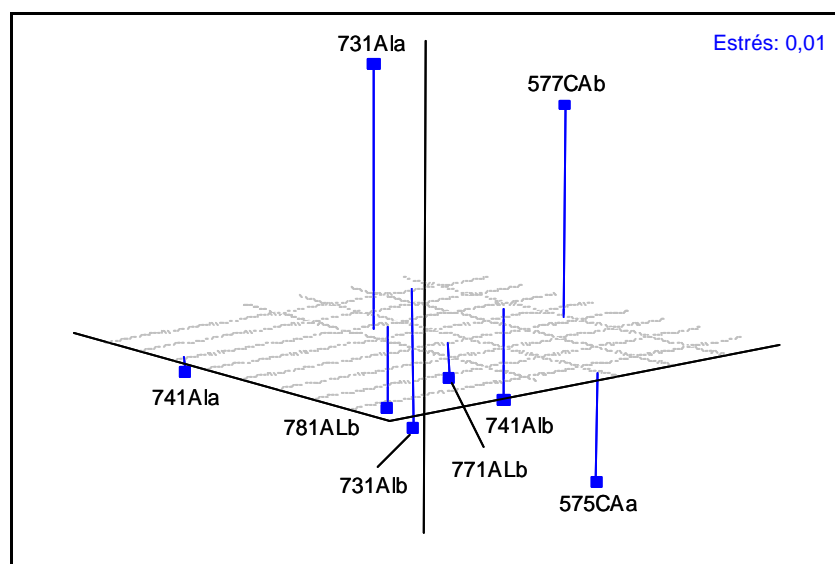


Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 3D.

Al igual que ocurre en otras tipologías, es necesario depurar los datos con el fin de obtener resultados que muestren patrones en la distribución de los organismos. Por ello, se elimina la estación correspondiente a la Albufera Nueva de Adra (781Ala), pues se aleja de la distribución general. A continuación se representan las ordenaciones obtenidas del análisis de escala multidimensional sin dicha estación.



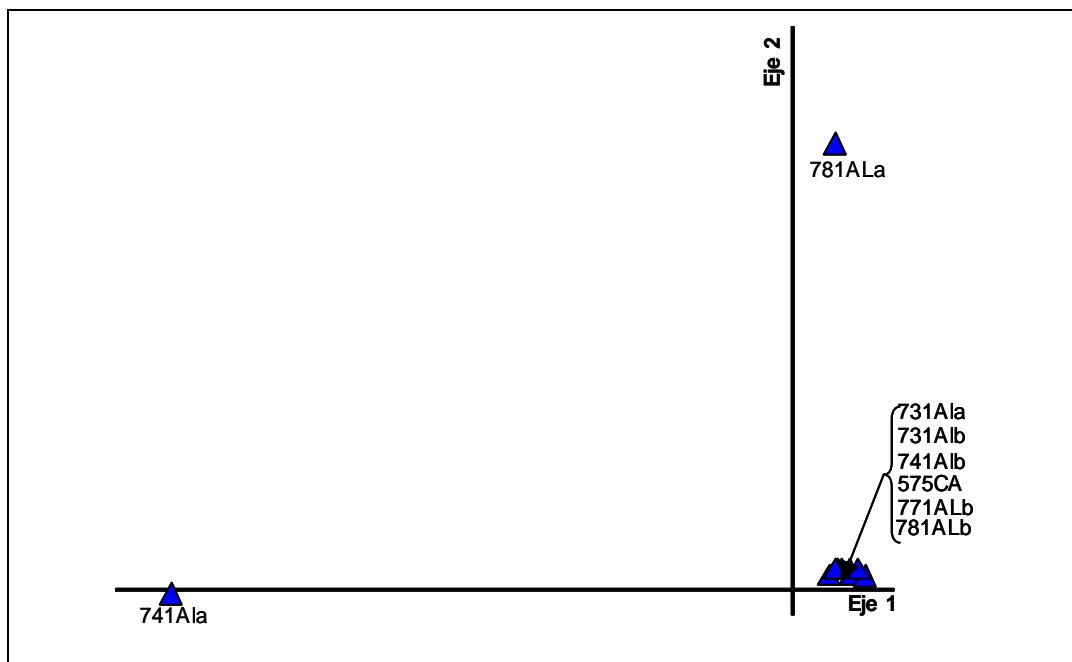
Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 2D.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 3D.

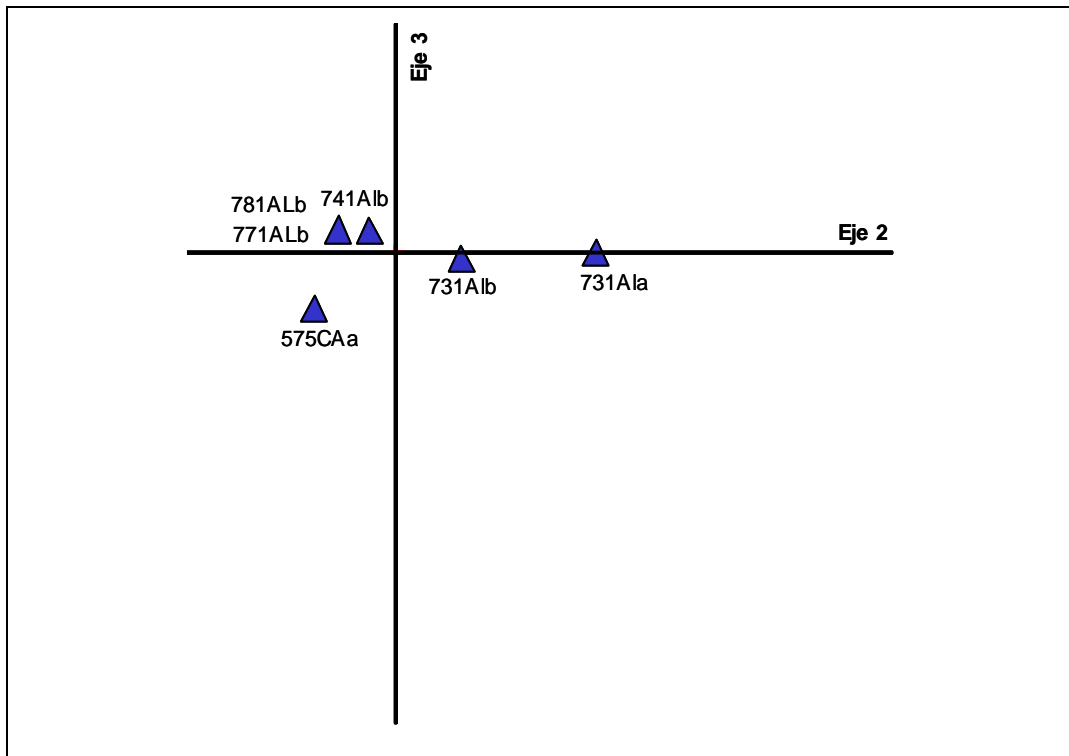
El hecho más destacable consiste en que la estación 741ALa (desembocadura del río Aguas en invierno) se aleja del resto, esto se debe a que en ésta, el taxón mayoritario son los poliquetos (familia *Spionidae*), a diferencia del resto de las estaciones en las que predomina la familia *Chironomidae*.

Para determinar la correlación existente entre la ordenación de las estaciones y los organismos encontrados, se realiza el análisis de correspondencias canónicas, representado a continuación.



Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para bentos

Se observa que la desembocadura del río Aguas (741ALa) y la Albufera Nueva de Adra (781ALa), ambas en el muestreo de invierno, tienen una composición faunística que determina claramente su aislamiento del resto de las estaciones de la tipología.



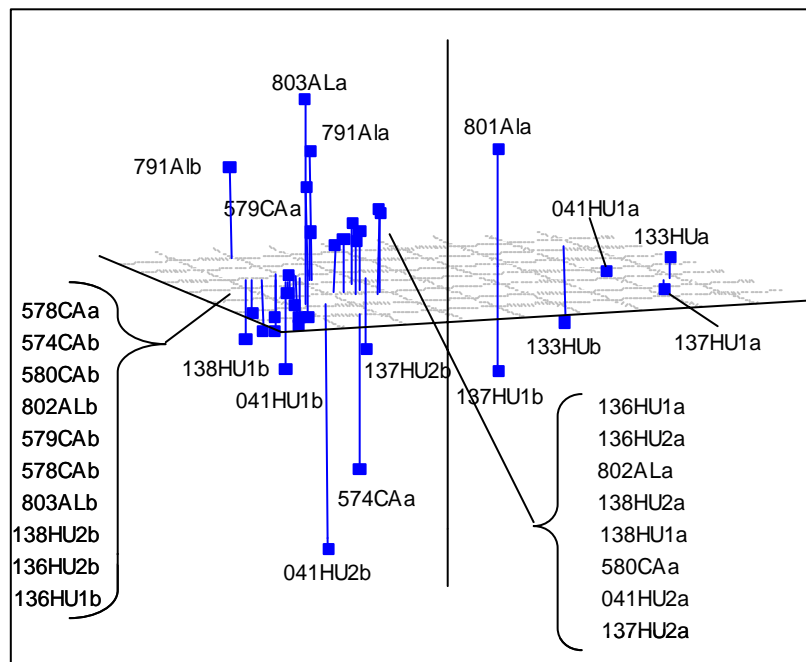
Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para bentos.

Al eliminar ambas estaciones, la distribución determina que el eje 2 se vea influenciado de forma negativa por el oxígeno disuelto, mientras que los metales y la materia orgánica del sedimento marcan de forma positiva la distribución. Los oligoquetos de las familias *Tubificidae* y *Enchytraeidae* son los que marcan de forma más clara la distribución.

7.6 Tipología VI (de agua salina de origen marino, mayores de 1,5 km²)

Macroinvertebrados bentónicos

El análisis de componentes principales aplicado a la matriz de los resultados físico-químicos obtenidos del sedimento, refleja que la varianza que acumulan los 3 ejes es del 67,8%, por lo que el análisis es significativo y se considera aceptable. Los resultados se representan en los siguientes gráficos, en tres y dos dimensiones:



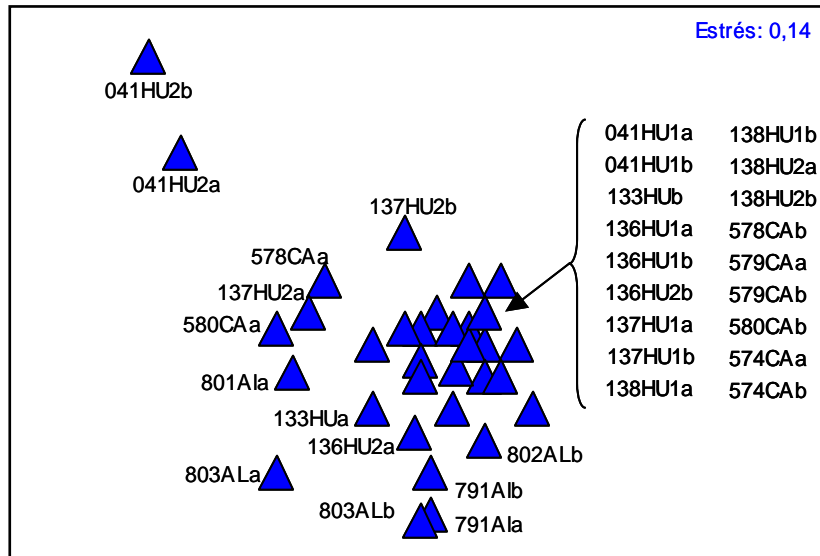
Análisis de Componentes Principales (PCA) para sedimento.

Observando las representaciones gráficas, las variables físico-químicas que más contribuyen a la distribución de los humedales son:

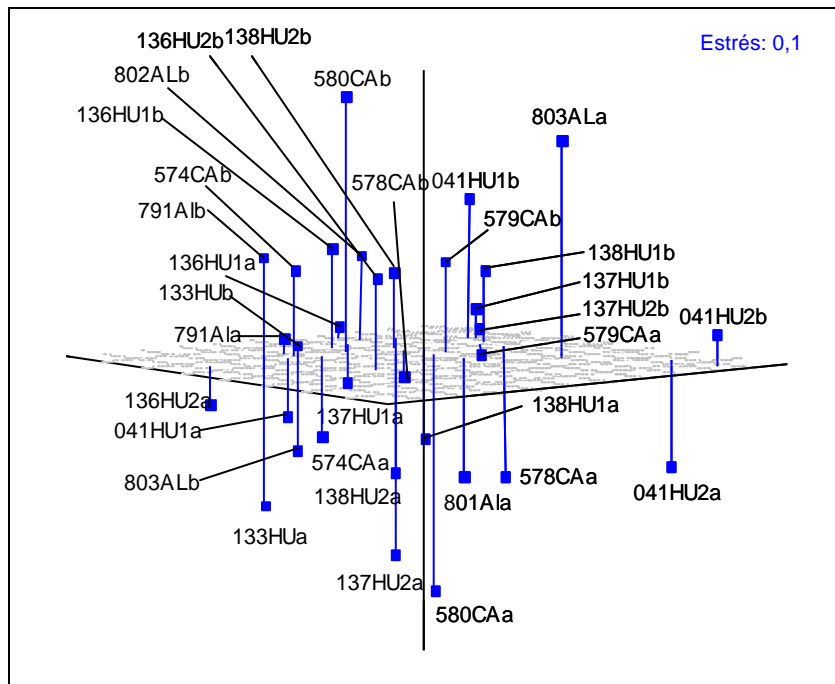
- En el eje 1 se encuentran correlacionados de forma positiva los metales en el sedimento; cinc (0,937), cobre (0,823), plomo (0,856) y hierro (0,925).
- En el eje 2 la variable más significativa es el oxígeno disuelto (-0,843), correlacionada de forma negativa.
- El eje3 se encuentra correlacionado de forma negativa con el fósforo total (-

0,673).

La distribución obtenida al aplicar el análisis de ordenación multidimensional a los datos biológicos obtenidos, determina que los macroinvertebrados encontrados en los humedales de esta tipología, se distribuyen en tres grupos principales, tal y como se muestra en la ordenación basada en el análisis de escala multidimensional:



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 2D.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 3D.

Según este análisis se puede determinar las siguientes agrupaciones:

- **Grupo 1:** formado por el único humedal con una estación con agua dulce de la tipología (041HU2)
- **Grupo 2:** formado en su mayoría por humedales de influencia marina (marismas en su mayoría).
- **Grupo 3:** humedales de elevada mineralización (salinas principalmente).

La segregación de las comunidades de macroinvertebrados en estos tres grupos responde a la naturaleza de sus aguas (agua dulce, marinas y salobre) de estos humedales, siendo familias típicas de cada uno de estos tipos.

En el primer grupo predominan los representantes de la Clase *Oligochaeta*, taxón característico de aguas dulces; en el segundo grupo, la Clase *Polychaeta*, especialmente aquellas especies que pueden soportar variaciones en la salinidad de las aguas, y que además suelen ser colonizadores primarios o indicadores de alteraciones en las condiciones del medio. El tercer grupo presenta una menor cantidad de taxa puesto que las salinas son ambientes hostiles en el los que pocas familias pueden proliferar. En ellas el phylum predominante es *Arthropoda*.

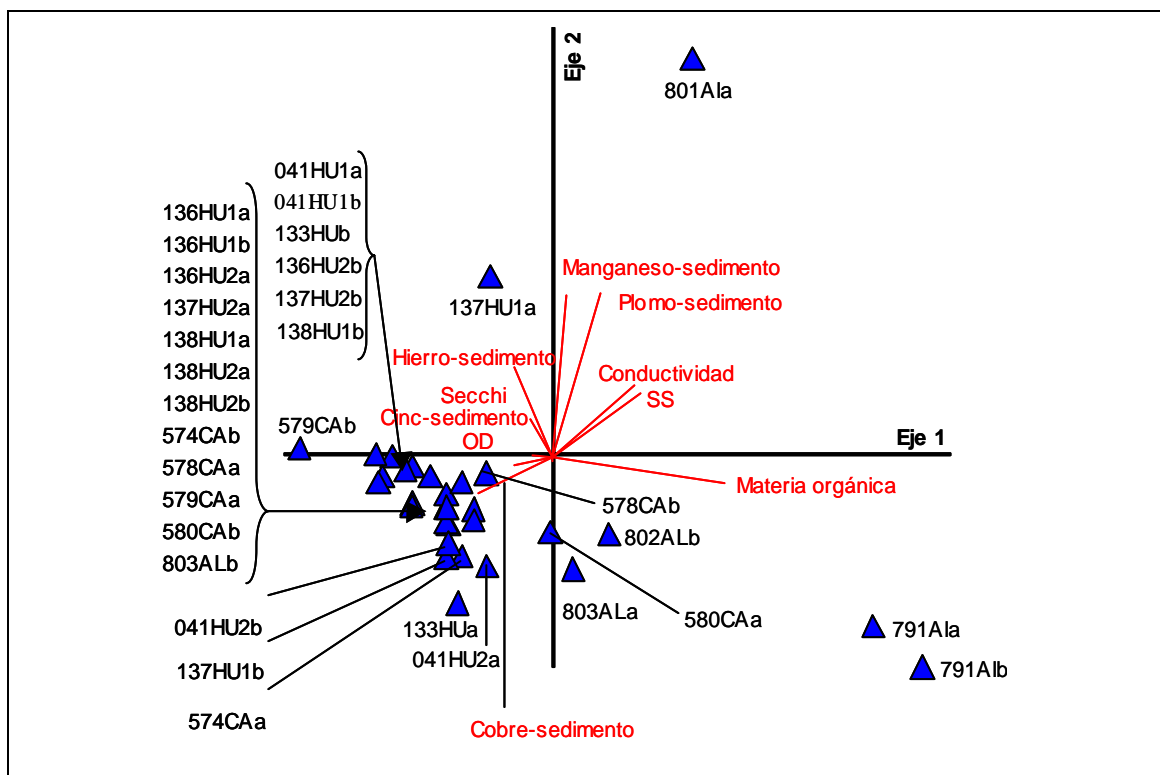
El análisis de correspondencias canónicas obtenido para la comunidad de macroinvertebrados, acumula en sus ejes una varianza del 52,3%, por lo que puede considerarse como significativo:

Como se observa en la gráfica, la mayoría de los humedales representados bajo esta tipología, se localizan en el mismo cuadrante y se correlacionan con el cinc encontrado en el sedimento y con el oxígeno disuelto. Estas variables físico-químicas son, precisamente, las que mayor varianza acumulan en el análisis de componentes principales realizado.

La distribución observada permite ver que se produce un agrupamiento de casi todas las estaciones que se encuentran situadas en las zonas de marismas, con una composición de macroinvertebrados bentónicos característica de estos ecotonos; las familias más representativas son aquellas que presenten una mayor tolerancia a los cambios de las condiciones ambientales, como los poliquetos de las familias

Cirratulidae, *Spionidae*, *Nephtyidae*, *Nereidae* y *Capitellidae*, en especial las especies de espionidos *Polydora sp* y los capitélidos *Capitella sp*, que son considerados como especies altamente tolerantes y colonizadores primarios de sustratos que se han visto alterados por causas naturales o antropogénicas. Especialmente *Capitella sp* es también un buen indicador de sustratos con un exceso de materia orgánica importante.

Se observa como las estaciones 801AL (Salinas de Cabo de Gata), 791AL (Charcones de Punta Entinas), 802AL (Salinas de Cerrillos) y 803 (Salinas de Guardias Viejas), se alejan del agrupamiento central del resto de las estaciones.



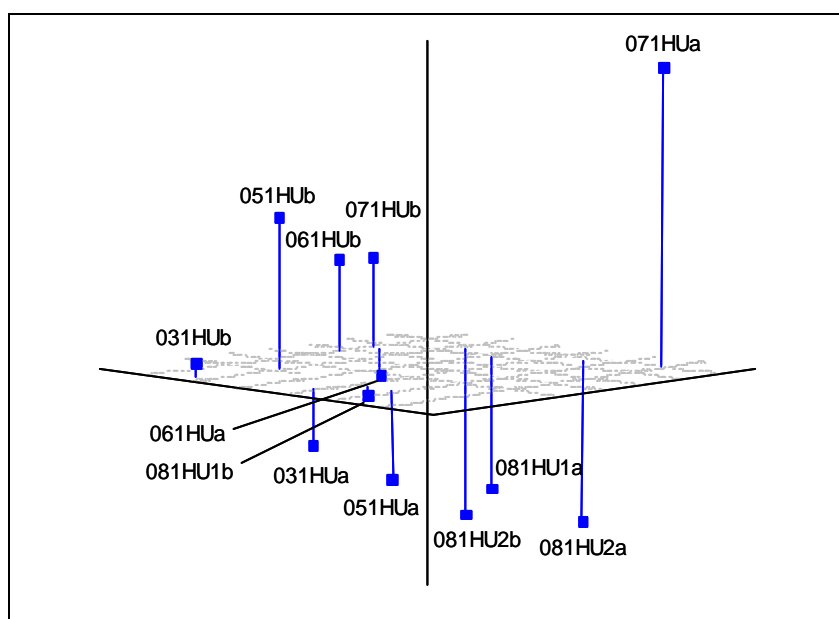
Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para bentos.

7.7 Tipología VII (de agua dulce, permanentes, menores de 1,5 km²).

Macroinvertebrados bentónicos

El análisis de componentes principales nos permite seleccionar las variables físico-químicas que afectan en mayor medida la distribución de los organismos.

Al aplicar dicho análisis a los parámetros físico-químicos del sedimento de los humedales incluidos en la tipología VII, la varianza acumulada por los ejes 1, 2 y 3 es del 84% y por tanto, el análisis estadístico se considera aceptable. A continuación se representa en el gráfico en tres dimensiones:



Análisis de Componentes Principales (PCA) para sedimento.

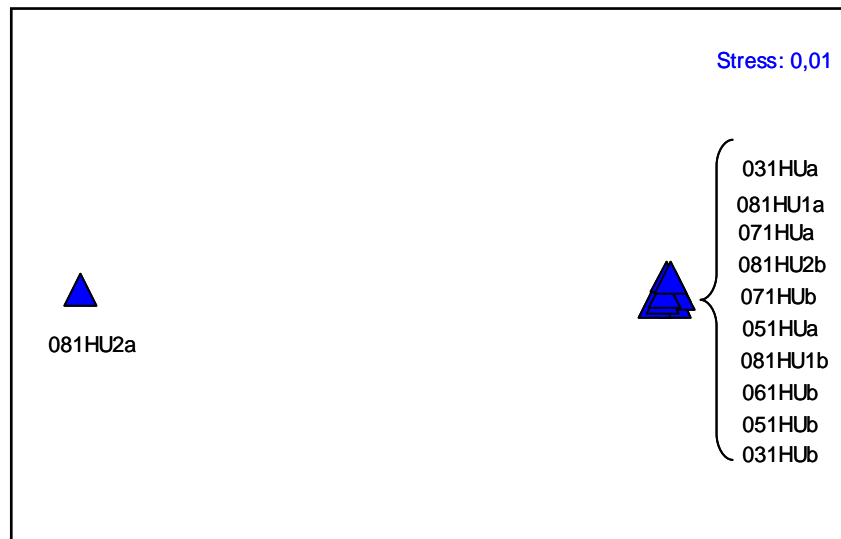
En función del eje, las variables físico-químicas se distribuyen de la siguiente forma:

El eje 1 presenta una correlación negativa significativa con los parámetros físico-químicos de materia orgánica (-0,898) y metales del sedimento: cinc (-0,955), cobre (-0,870), manganeso (-0,936), plomo (-0,957) y hierro (-0,953).

El eje 2, se correlaciona fuertemente de forma positiva con los nitratos (0,875) y negativa en menor grado, con la temperatura (-0,926).

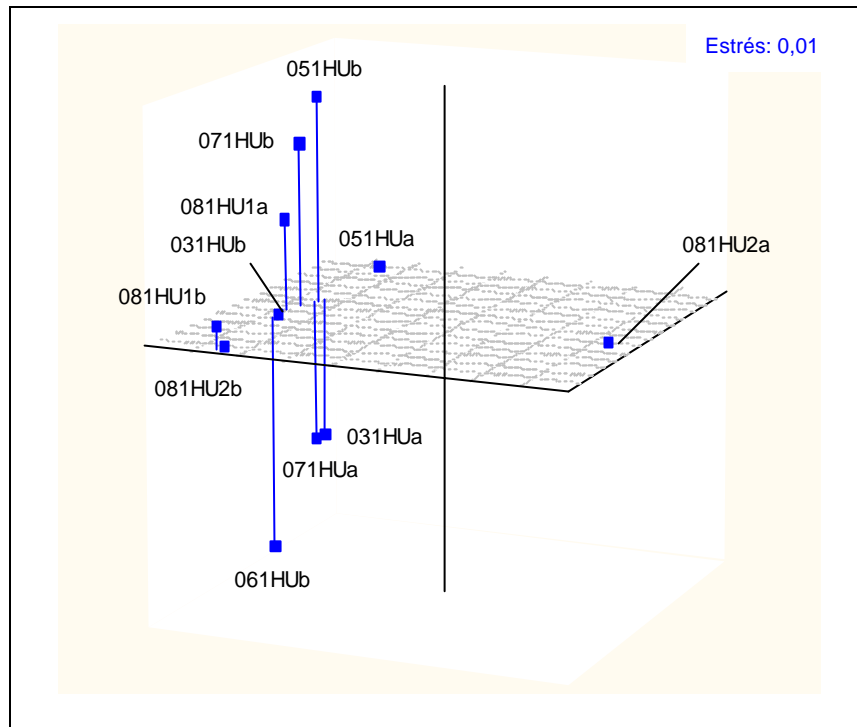
El único hecho destacable es que la distribución se encuentra marcada principalmente por la estacionalidad de los muestreos, de modo que las campañas de invierno se localizan en el plano superior y las de verano en el inferior, plano en el que también crecen las concentraciones de metales presentes en el sedimento.

A continuación, se aplica el análisis de ordenación de las estaciones en función de la composición de las comunidades de macroinvertebrados presentes en el sedimento, se muestran los resultados obtenidos para la comunidad de macroinvertebrados en dos y tres dimensiones:



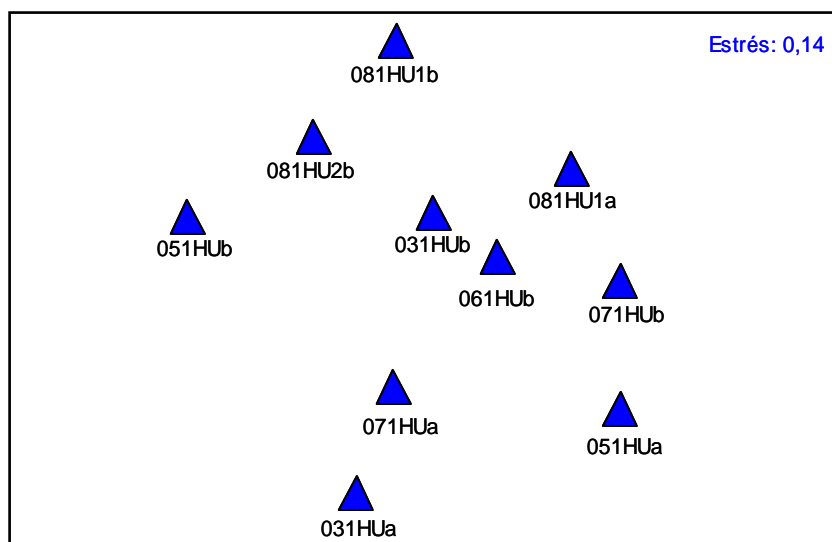
Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 2D.

Como puede observarse, la estación 081HU2a (laguna de Las Madres) se separa fuertemente de la distribución del resto de humedales. Esto se debe a la presencia de un único taxón (*Physidae*), que además únicamente aparece en dicha estación.

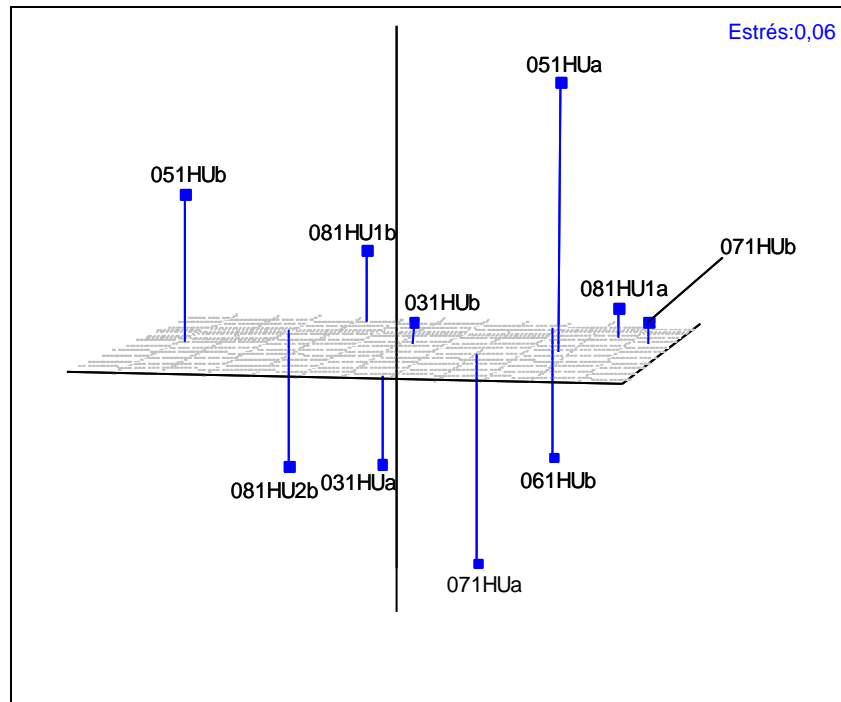


Análisis de Escala Multidimensional (MDS) de bentos en 3D.

Con el fin de minimizar el impacto que este tipo de muestras, poco significativas, pudieran tener en la interpretación global de los resultados, no se ha considerado su inclusión en el análisis. Así, se obtiene la siguiente distribución:



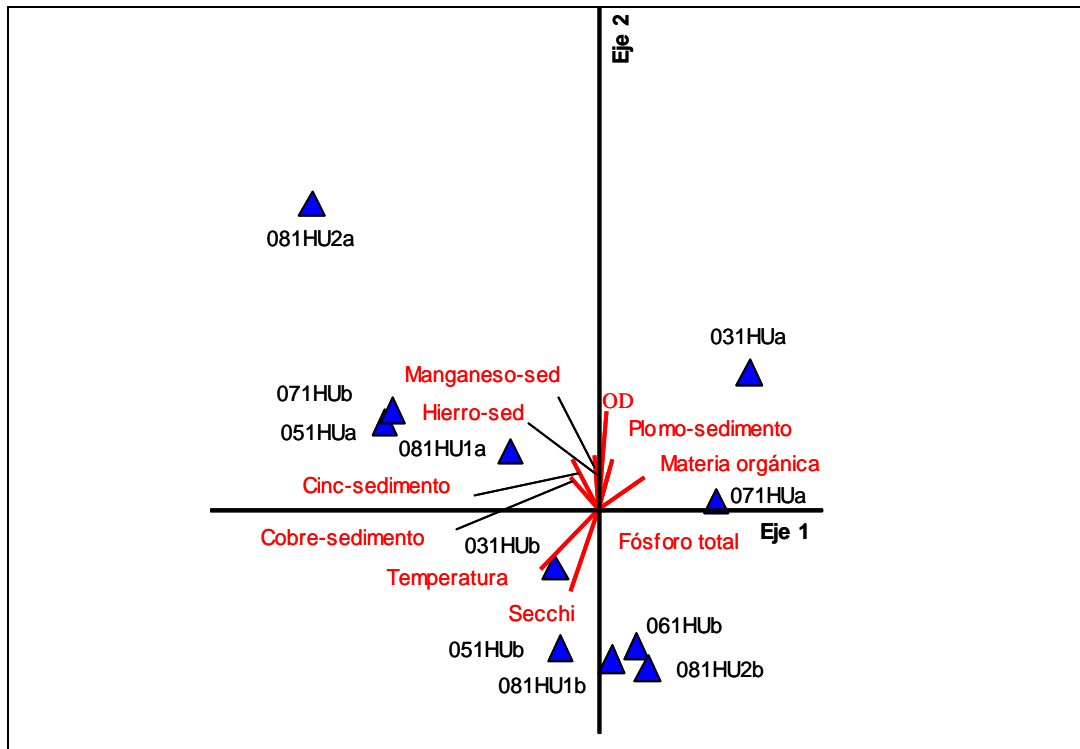
Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 2D.



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 3D.

Sería necesario un mayor volumen de muestras con el fin de poder caracterizar con mayor profundidad esta tipología, con los datos obtenidos no se encuentra una segregación clara. Sin embargo, en líneas generales, se puede decir que la distribución viene dada por la relación existente entre el phylum *Arthropoda* y *Annelida* o dicho de otra forma, entre la Clase *Diptera* y *Oligochaeta*.

Para determinar la correlación existente entre la ordenación de las estaciones y los organismos encontrados, se realiza el análisis de correspondencias canónicas, representado a continuación.



Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) para bentos.

La varianza que acumulan los tres ejes es del 58,6% por lo que se considera significativo.

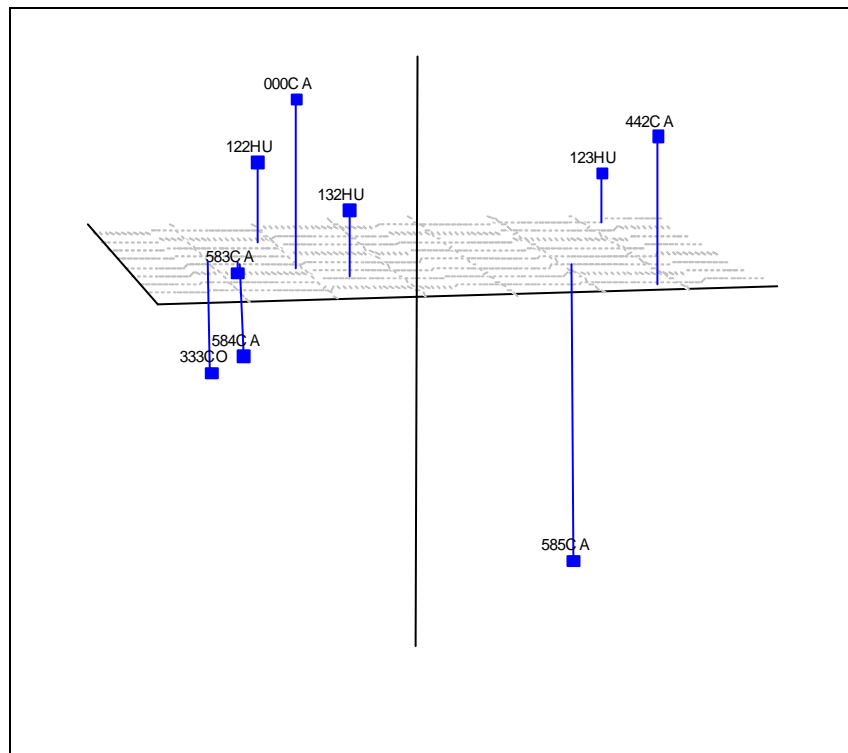
Mediante este análisis se confirma la idea de que la distribución de los humedales, atendiendo a la comunidad de macroinvertebrados, se encuentra fuertemente marcada por la estacionalidad de los muestreos, pues en líneas generales se encuentra una correlación positiva con la temperatura.

Debido a las pocas familias encontradas en la determinación taxonómica del macrobentos, la distribución se encuentra muy sesgada por la aparición de una determinada especie. Como se ha comentado para el caso de la laguna de Las Madres, un único taxón distinto determina el posicionamiento de las estaciones en agrupaciones compactas.

7.8 Tipología IX (de agua dulce , temporales, menores de 1,5 km²).

Macroinvertebrados bentónicos

En el análisis de componentes principales, la varianza acumulada por los tres ejes es del 73,9%. Los resultados obtenidos se reflejan en la siguiente gráfica:



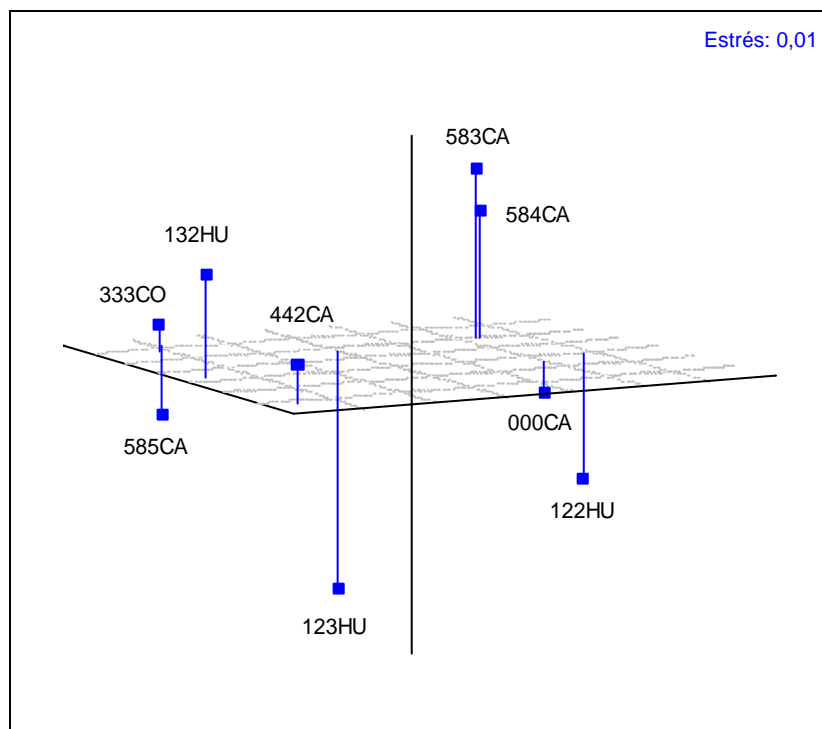
Análisis de Componentes Principales (PCA) para sedimentos.

Los parámetros físico-químicos que mayor varianza acumulan en cada eje son:

- En el eje 1, plomo del sedimento (0,797), clorofila (0,773), fósforo total (0,736) en sentido positivo y pH (-0,724), en sentido negativo.
- En el eje 2 cinc (-0,846) y cobre (-0,741) del sedimento, en sentido negativo.
- En el eje 3 no han sido encontrados parámetros con correlaciones muy significativas.

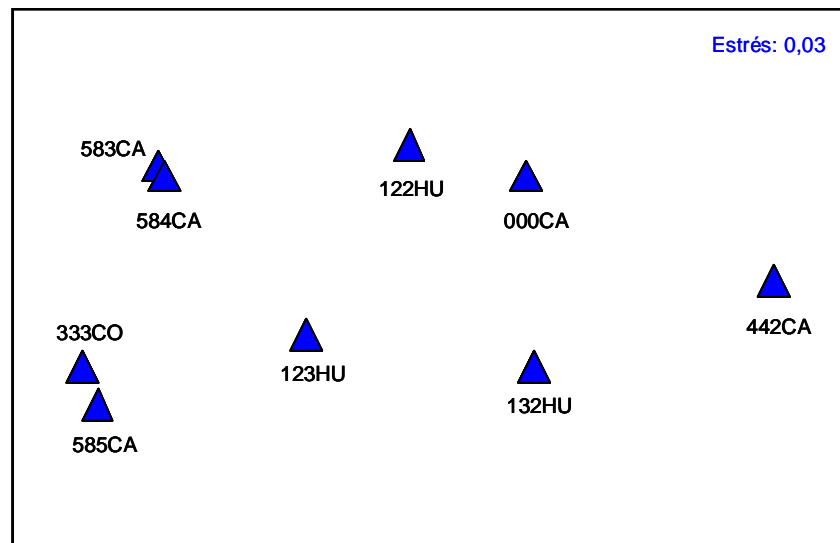
Estos parámetros son los que se utilizarán en el análisis canónico de correspondencia, con el fin de conocer si son los parámetros físico-químicos o los biológicos, los que de forma más clara contribuyen a la distribución de estaciones y organismos.

El análisis de escala multidimensional en tres dimensiones presenta un estrés de 0,01, lo que indica que se ha obtenido una distribución, en función de los parámetros biológicos del sedimento, muy buena:



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en (3D)

En dos dimensiones el análisis pierde un poco de precisión, pues presenta un estrés de 0,03. Sin embargo, se observan de forma más sencilla los agrupamientos obtenidos:



Análisis de Escala Multidimensional (MDS) para bentos en 2D.

Los agrupamientos encontrados se corresponden con las siguientes lagunas:

- Grupo 1: Laguna del Tejón (000CA) y Cabezos de Terrón (122HU).
- Grupo 2: Charca de la Camilla (583CA) y Laguna del Picacho (584CA).
- Grupo 3: Laguna de la Dehesilla (132HU), la Nava Alta de Cabra (333CO), Laguna del Perezoso (585CA) y Lagunetas de Alcalá (442CA).

La Laguna de la Dehesilla (123HU) no forma ningún agrupamiento, quedando alejada del resto.

Los humedales que aparecen próximos presentan una composición faunística similar, basada principalmente en si el phylum dominante es *Annelida* o *Arthropoda*:

En el **grupo 1**, dominan los artrópodos (*phylum Arthropoda*). Los más abundantes pertenecen a la familia *Chironomidae*. Éstos alcanzan además elevadas densidades en el caso de Cabezos de Terrón (122HU).

En el **grupo 2**, predominan los anélidos (*phylum Annelida*). Los *taxa* más representativos en esta distribución lo constituyen las familias *Chironomidae* y *Lumbricidae*.

En el **grupo 3**, la similaridad es menor que en los agrupamientos anteriores. El análisis Simper (porcentaje de similaridad acumulado) refleja una similaridad baja, de 11,04.

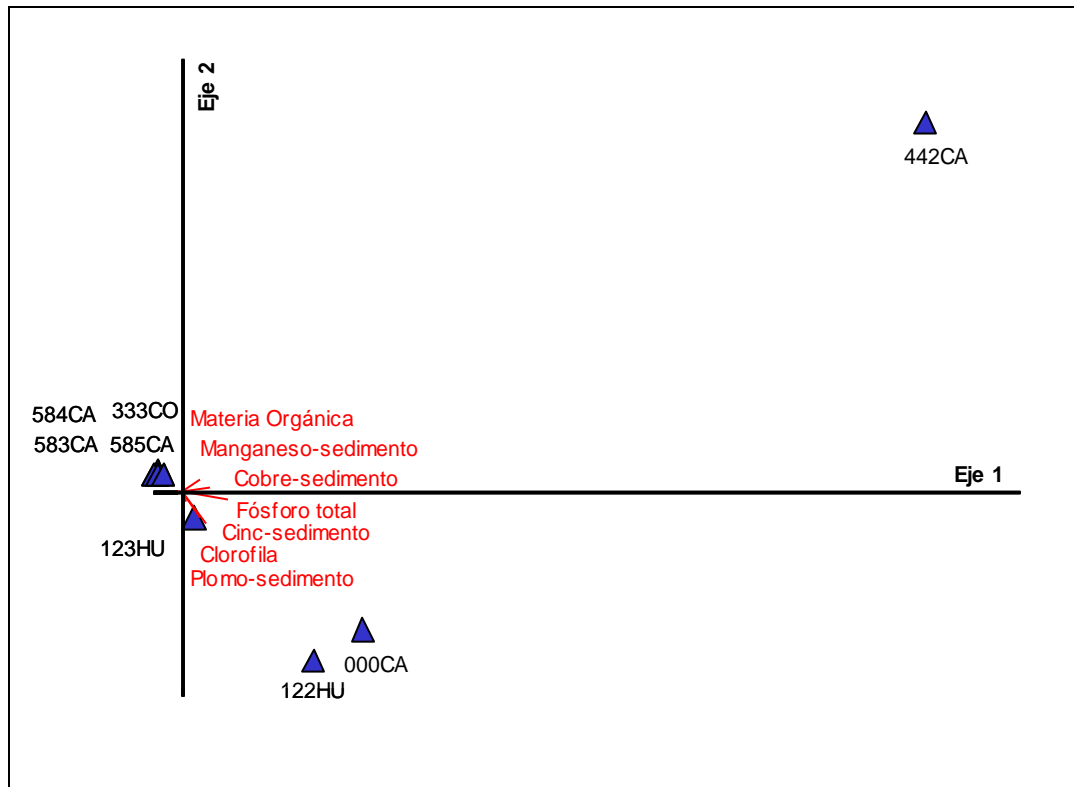
Esta baja similaridad indica que el agrupamiento no se produce por semejanzas entre las estaciones, sino más bien por diferencias con otros agrupamientos, muy probablemente debidas a la presencia de *taxa* que no aparecen en las restantes.

Destaca así la presencia del taxón *Naididae*, sólo encontrado en las estaciones 333CO, del taxón *Haplotaxidae* en la 442CA y *Ostracoda* en la 132HU.

La laguna de la Dehesilla (123HU) se separa de las estaciones restantes debido a que la proporción de individuos del phylum *Annelida* y *Arthropoda*, son las más similares de la tipología. No se observa una dominancia abrumadora de estos *taxa*.

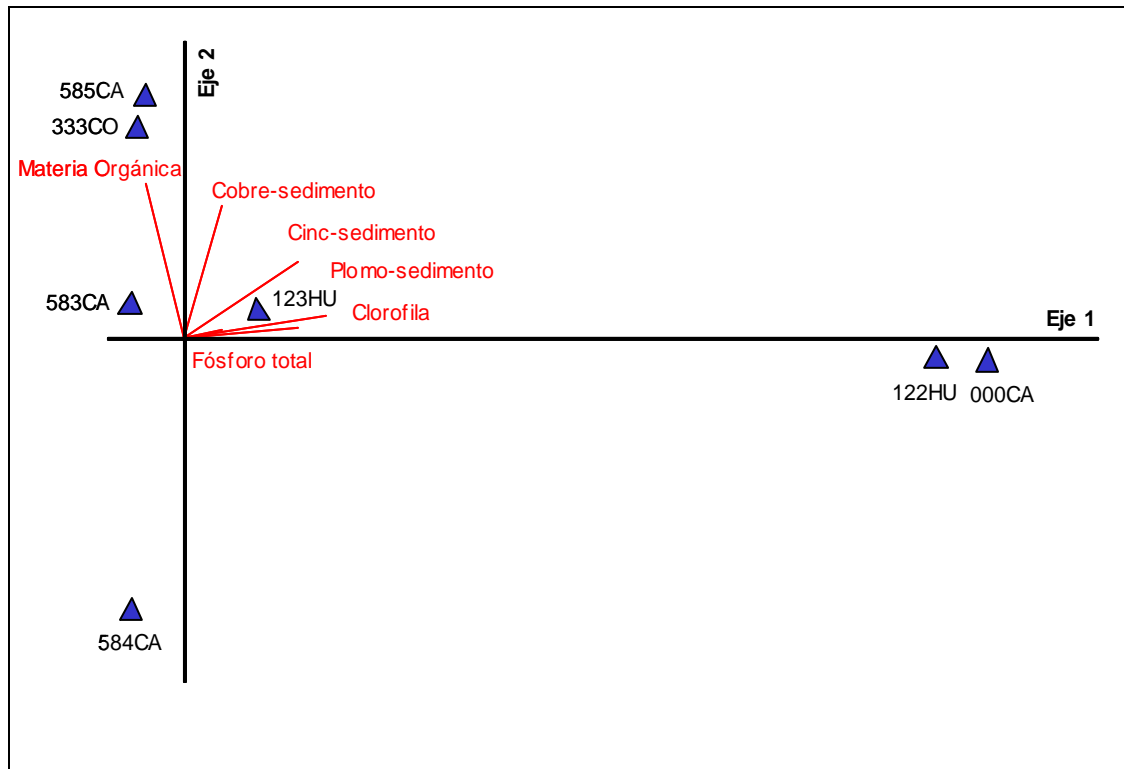
Para elaborar el análisis canónico de correspondencia, han sido escogidos los parámetros físico-químicos que en el análisis de componentes principales, han contribuido de forma más significativa, a la distribución general de las estaciones y *taxa* encontrados.

En la siguiente representación, no se ha tenido en cuenta la laguna Vía Verde del Pinillo (132HU) por carecer de algunos datos físico-químicos, que han resultado ser muy significativos en la distribución general:



Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) para bentos sin la estación 132HU.

Con el fin de minimizar el impacto que estaciones poco significativas, pudieran tener en la interpretación global de los resultados, tampoco se ha considerado la inclusión en el análisis de las estaciones de laguna Vía Verde del Pinillo (132HU) y las Lagunetas de Alcalá (442CA). Se obtiene el siguiente CCA:



Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) sin las estaciones 132HU ni 442CA.

Según esta última gráfica, no se encuentran agrupamientos claros, pues aparecen próximas las siguientes lagunas:

- La Charca de la Camilla (583CA), la Nava alta de Cabra (333CO) y Laguna del Perezoso (585CA). Se encuentran bastante relacionadas con la presencia de materia orgánica en el medio. En estas lagunas se encuentran las mayores densidades de oligoquetos (*phyllum Annelida*):
- Laguna de la Dehesilla (123HU). Probablemente esta separación se produce por la abundante presencia de plomo que existe en su sedimento, en relación con el resto de estaciones. Ya se ha observado esta segregación en el análisis de escala multidimensional, por lo que podría deberse también a su composición faunística
- Laguna del Tejón (000CA) y Cabezos del Terrón (122HU). Estas lagunas presentan comunidades bentónicas similares (dominancia del *phyllum Arthropoda*). Su agrupamiento podría deberse a la composición de la biota, en lugar de responder a condicionantes de tipo físico o químico. Este

agrupamiento también ha sido observado en el análisis de escala multidimensional.

Atendiendo al análisis de correspondencias can, su distribución no se encuentra sesgada por ningún parámetro en particular.

- Laguna del Picacho (584CA). Es la única estación que se encuentra en el tercer cuadrante del análisis. Por lo tanto, su posición en la distribución parece no responder a parámetros físico-químicos; bien porque los parámetros físico-químicos alcanzan concentraciones intermedias o porque en este caso, priman los parámetros biológicos a los físico-químicos.

No puede concretarse aún la medida en que las variables físico-químicas determinan la distribución general, pues no se observan agrupamientos muy significativos.

Al igual que ocurre con las comunidades planctónicas, no es posible establecer conclusiones claras en las bentónicas. Esto es debido a dos motivos principalmente:

1. No se tienen datos suficientes, pues sólo se han realizado dos campañas de muestreo y además, durante la campaña de verano, las lagunas estaban secas.
2. La variabilidad de estos sistemas, temporales, hacen complicada una clasificación de los mismos. Sus condiciones físico-químicas y biológicas se modifican rápidamente atendiendo a variaciones climatológicas.

Sería necesario por tanto continuidad en el muestreo de estas lagunas, para establecer patrones de distribución significativos.