



**INFORME:**

INFORME DE RESULTADOS PARA EL EMBALSE DE LA PEDRERA: 2022-2024

**TÍTULO DEL PROYECTO:**

Seguimiento del estado de los embalses de la Demarcación Hidrográfica del Segura para la detección de episodios de bloom de cianobacterias

**ELABORADO POR:** EUROFINS-CAVENDISH

**REVISADO POR:** CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA



MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL SEGURO, O.A.

## Informe embalse de La Pedrera

**Foto de portada:** Embalse de La Pedrera desde la presa



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL SEGURA, O.A.

## DATOS DE LA PUBLICACIÓN

Seguimiento del Estado de los embalses de la Demarcación Hidrográfica del Segura para la detección de episodios de bloom de cianobacterias

**Objeto del informe:** INFORME DE RESULTADOS PARA EL ESTUDIO DE BLOOMS DE CIANOBACTERIAS: EN EL EMBALSE DE PEDRERA

**Dirección y** Confederación Hidrográfica del Segura

**Coordinación de los trabajos:** Avda. Acisclo Díaz 5A, 30005 Murcia



**Empresa actuante:** EUROFINS CAVENDISH



*Ctra. Bailen-Motril, Parcela 102-B "Edificio de Cristal 2" Pol. Juncaril. C.P. 18210 PELIGROS (Granada) Bailen-Motril, Parcela 102-B "Edificio de Cristal 2" Pol. Juncaril. C.P. 18210 PELIGROS (Granada)*

**Dirección y Coordinación del estudio:** Silvia Gómez Rojas  
Área de Calidad de Aguas

## EQUIPO DE TRABAJO:

DELEGADO DEL CONSULTOR: Luis Archilla Castillo

DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN: David Fernández Moreno

**Fecha de edición:** Abril 2024

**Cita del informe:** Confederación Hidrográfica del Segura. 2024. Seguimiento del Estado de los embalses de la Demarcación Hidrográfica del Segura para la detección de episodios de bloom de cianobacterias. Informe de resultados para el estudio de blooms de cianobacterias: en el embalse de La Pedrera.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2. PUNTOS DE CONTROL Y PARÁMETROS ANALIZADOS .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>3. DIAGNÓSTICO DE CALIDAD .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN EL EMBALSE DE LA PEDRERA... 8</b>   | <b>8</b>  |
| 4.1. RESUMEN DE RESULTADOS EN EL EMBALSE DE LA PEDRERA .....  | 8         |
| 4.1. CARACTERIZACIÓN TAXONÓMICA DURANTE EL PERIODO 2022-2024 .....  | 10        |
| 4.2. COMPARATIVA DE LAS ABUNDANCIAS DE LAS ESPECIES DE CIANOFÍCEAS MÁS IMPORTANTES<br>DURANTE LOS PERIODOS 2008,2019-2021 Y 2022-2024 ..... | 11        |
| 4.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA .....   | 13        |
| 4.4. RELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS .....   | 14        |
| <b>5. CONCLUSIONES .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>   | <b>18</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

---

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Tabla resumen de muestreos en el punto de control en el embalse de La Pedrera.....                                   | 6  |
| Tabla 2. Valores de referencia para establecer las distintas fases.....   | 7  |
| Tabla 3. Valores de los principales parámetros obtenidos en el embalse muestreado .....                                       | 9  |
| Tabla 4. Abundancias de las especies de cianofíceas más importantes durante los periodos 2008,<br>2019-2021 y 2022-2024 ..... | 12 |
| Tabla 5. Elementos de calidad para el tipo de embalse E-T10.....  | 13 |
| Tabla 6. Resultados de los elementos de calidad biológica en el embalse de La Pedrera.....                                    | 14 |
| Tabla 7. Valores de las variables físico-químicas en el embalse de La Pedrera .....   | 15 |

## INDICE DE FIGURAS

---

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Porcentajes de abundancia según el grupo algal identificado en el embalse de La Pedrera (2022-2024).....  | 10 |
| Figura 2. Porcentajes de abundancia de los taxones identificados en el embalse de La Pedrera ...  | 11 |
| Figura 3. Abundancias de las especies de cianofíceas más importantes durante los periodos 2008-2024. ....   | 13 |
| Figura 4. Resultados del análisis db RDA en el embalse del Pedrera donde podemos observar las fechas de muestreo asociados cada uno a un inventario de fitoplancton y las variables ambientales que más influyen en estas comunidades. .... | 16 |

## 1. INTRODUCCIÓN

Tal y como indica el Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT), mensualmente se ha ido entregando un informe de valoración de resultados de cada embalse muestreado. En este informe, se profundizará en la evaluación de los resultados generados entre los años 2022 a 2024 y, además, lo compararemos con estudios previos ya reflejados en el informe de revisión histórica. Según el formato de informe que se ha estado entregando para cada muestreo durante estos dos años de estudio, añadiremos varios apartados con el fin de conocer mejor cual ha sido la dinámica en el desarrollo de las microalgas, en especial cuando la proliferación algal ha derivado en blooms.

Se analizará, no solamente cuales han sido los grupos y las especies más características de este embalse, si no que se tratarán de identificar las posibles variables ambientales que han favorecido a las especies mayoritarias que aparecen en este embalse.

## 2. PUNTOS DE CONTROL Y PARÁMETROS ANALIZADOS

Se muestra en la tabla 1 el único punto de control (EPE1) de coordenadas UTM X: 686472/ Y: 4210474. El tipo de muestreo siempre ha sido mediante embarcación e integrada, ya que para detectar los Blooms de forma idónea, se ha de tomar una muestra de la columna de agua para que el dato de abundancia sea lo más realista posible.

Como se puede observar en la tabla 1, no se han recibido avisos por parte del personal encargado de la vigilancia del embalse de La Pedrera y ha habido hasta un total de 8 análisis durante el periodo 2022-2024.

Tabla 1. Tabla resumen de muestreos en el punto de control en el embalse de La Pedrera

| FECHA MUESTREO | HORA     | FISICO-QUIMICA | FITOPLANCTON | CLOROFILA-A | MICROCISTINA | AVISO GUARDA | INFORMACIÓN ADICIONAL  |
|----------------|----------|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--|
| 07/06/2022     | 14:30:00 | Si             | Si           | Si          | No           | No           | Sin incidencias  |
| 08/07/2022     | 10:45:00 | Si             | Si           | Si          | No           | No           | Se realizó Análisis molecular para la detección de genes relacionados con cianotoxinas |
| 03/08/2022     | 08:30:00 | Si             | Si           | Si          | No           | No           | Sin incidencias  |
| 08/09/2022     | 11:00:00 | Si             | Si           | Si          | No           | No           | Sin incidencias  |
| 13/06/2023     | 17:30:00 | Si             | Si           | Si          | No           | No           | Sin incidencias  |
| 13/07/2023     | 10:20:00 | Si             | Si           | Si          | No           | No           | Sin incidencias  |
| 09/08/2023     | 09:30:00 | Si             | Si           | Si          | No           | No           | Sin incidencias  |
| 14/09/2023     | 11:20:00 | Si             | Si           | Si          | Si           | No           | Sin incidencias  |

### 3. DIAGNÓSTICO DE CALIDAD

Para este trabajo se han establecido distintos rangos de calidad atendiendo a determinadas variables como, por ejemplo, la abundancia celular, el fósforo total o las microcistinas (Tabla 2), según los trabajos de Funari *et al.* 2017 y Pilotto *et al.* 1997. Estas condiciones no se cumplen muchas veces al mismo tiempo. Sin embargo, siempre que se detecta de forma general una abundancia superior a las 100.000 cél/ml, se establecerá la fase 5 de alerta para proceder a un seguimiento más exhaustivo. Los valores de clorofila-a son los obtenidos por la OMS (WHO 2013), donde establecen tres tipos de fases.

Tabla 2. Valores de referencia para establecer las distintas fases

| Fases | Abundancia cél/ml | PT ( $\mu\text{g/l}$ ) | DS (m)   | Microcistinas ( $\mu\text{g/l}$ ) | Chl-a* ( $\mu\text{g/l}$ ) |
|-------|-------------------|------------------------|----------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1     |                   | <20                    | $\geq 1$ | -                                 |                            |
| 2     | <2.000            | >20                    | $\geq 1$ | -                                 |                            |
| 3     | 2000-20.000       | >20                    | $\geq 1$ | -                                 |                            |
| 4     | $\geq 20.000$     | >20                    | <1       | <20                               | >10                        |
| 5     | >100.000          | >20                    | <1       | >20                               | 50                         |

En estos informes se verán casos en los que, a pesar de alcanzar las 100.000 cél/ml, la concentración de clorofila-a es inferior a la que corresponde, según lo establecido en la tabla 2. Esto le puede suceder también al biovolumen celular. Es decir, células pequeñas, aunque estén presentes en gran cantidad, pueden tener poca concentración de clorofila-a o de biovolumen debido a su pequeño tamaño. Es por esto por lo que resulta difícil establecer un patrón fijo entre las variables implicadas en el desarrollo de las cianobacterias. De ahí la importancia de este seguimiento durante periodos de tiempo prolongados.

## 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN EL EMBALSE DE LA PEDRERA

### 4.1. Resumen de resultados en el embalse de La Pedrera

Como se puede observar en la tabla 3, durante el periodo comprendido entre el 2022 y el 2023, se han tomado 8 muestras en el embalse de La Pedrera. En este periodo ha habido solo un análisis de microcistinas en el muestreo del mes de septiembre, donde se analizó este parámetro en todos los embalses de este proyecto. En cada uno de los muestreos se han analizado como mínimo la fisicoquímica del agua, la identificación, conteo y cálculo del biovolumen del fitoplancton, así como la clorofila-a.

En estos dos años de estudio no se ha superado en ninguna ocasión una abundancia mayor a las 100.000 cél/ml; de hecho, la máxima abundancia se registró en el muestreo de agosto del 2022 con algo más de 20.000 cél/ml. No se activó ninguna fase de alerta, ya que la abundancia máxima de cianobacterias fue de casi de 14.000 cél/ml con la especie dominante de *Merismopedia tenuissima*. Esta especie es frecuente en este embalse, puede llegar a desarrollar toxinas según algunos estudios, sin embargo, suele ser poco probable. Por lo tanto, este embalse presenta una baja producción primaria, como podemos observar en la tabla 3 y respecto a la proliferación de cianofíceas no ha presentado un desarrollo importante.

Tabla 3. Valores de los principales parámetros obtenidos en el embalse muestreado

| FECHA DE MUESTREO | CÓDIGO FECHA | ABUND. TOTAL (cel/ml) | ABUND. CIANO (cel/ml) | BIOVOLUMEN CIANOFICEAS (mm3/l) | DOMINANCIA RELATIVA (%) | TAXÓN PRINCIPAL CIANOBACTERIA  | TAXÓN POTENCIALMENTE TÓXICO ESPAÑA | MICROCISTINAS TOTAL (µg/l) | MICROCISTINA-LR (µg/l) | CLOROFILA A (µg/l) | Nt (mg/l) | Pt (mg/l) | DS (m) | SITUACIÓN | MUESTREO |
|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------|-----------|-----------|--------|-----------|----------|
| 07/06/2022        | Ju-22        | 15.386,31             | 13.799,38             | 0,03                           | 89,69                   | <i>Aphanocapsa</i>             | Si                                 | -                          | -                      | <2,0               | 0,71      | <0,05     | 2,3    | 3         | MENSUAL  |
| 08/07/2022        | Jl-22        | 21.672,00             | 13.750,00             | 0,03                           | 63,44                   | <i>Merismopedia tenuissima</i> | Si                                 | -                          | -                      | <2,0               | 0,42      | <0,05     | 1,2    | 3         | MENSUAL  |
| 03/08/2022        | Ag-22        | 21.774,26             | 4.298,24              | 0,0029                         | 19,7                    | <i>Merismopedia tenuissima</i> | Si                                 | -                          | -                      | <2,0               | 0,64      | <0,05     | 1,2    | 2         | MENSUAL  |
| 08/09/2022        | Sp-22        | 7.903,00              | 78                    | 0,00                           | 0,41                    | <i>Chrysoosporum minor</i>     | Si                                 | -                          | -                      | <2,0               | 1,3       | <0,05     | 1,2    | 1         | MENSUAL  |
| 13/06/2023        | Ju-23        | 4.135,19              | 2.213,4               | 0,0014                         | 53,2                    | <i>Merismopedia tenuissima</i> | Si                                 | -                          | -                      | <2,0               | <0,3      | <0,05     | 1,0    | 2         | MENSUAL  |
| 13/07/2023        | Jl-23        | 7.351,00              | 2.491                 | 0                              | 33,88                   | <i>Merismopedia tenuissima</i> | Si                                 | -                          | -                      | <2,0               | <0,3      | <0,05     | 1,5    | 2         | MENSUAL  |
| 09/08/2023        | Ag-23        | 3.871,95              | 1.095,84              | 0,0014                         | 28,3                    | <i>Aphanocapsa</i>             | Si                                 | -                          | -                      | <2,0               | 0,32      | <0,05     | 1,8    | 2         | MENSUAL  |
| 14/09/2023        | Sp-23        | 4.085,00              | 595                   | 0,00                           | 14,57                   | <i>Merismopedia tenuissima</i> | Si                                 | <0.2                       | <0.05                  | <2,0               | <0,3      | <0,05     | 1,1    | 2         | MENSUAL  |

#### 4.1. Caracterización taxonómica durante el periodo 2022-2024

En este periodo de dos años se han identificado 46 taxones de microalgas de 10 grupos algales distintos (Figura 1). Las cianofíceas no son el grupo dominante, aunque supera el 40% de la abundancia registrada en este embalse. Las clorofíceas, son el otro más importante con más de un 50% de la abundancia relativa. El resto de los grupos algales presentan una escasa presencia.



Figura 1. Porcentajes de abundancia según el grupo algal identificado en el embalse de La Pedrera (2022-2024)

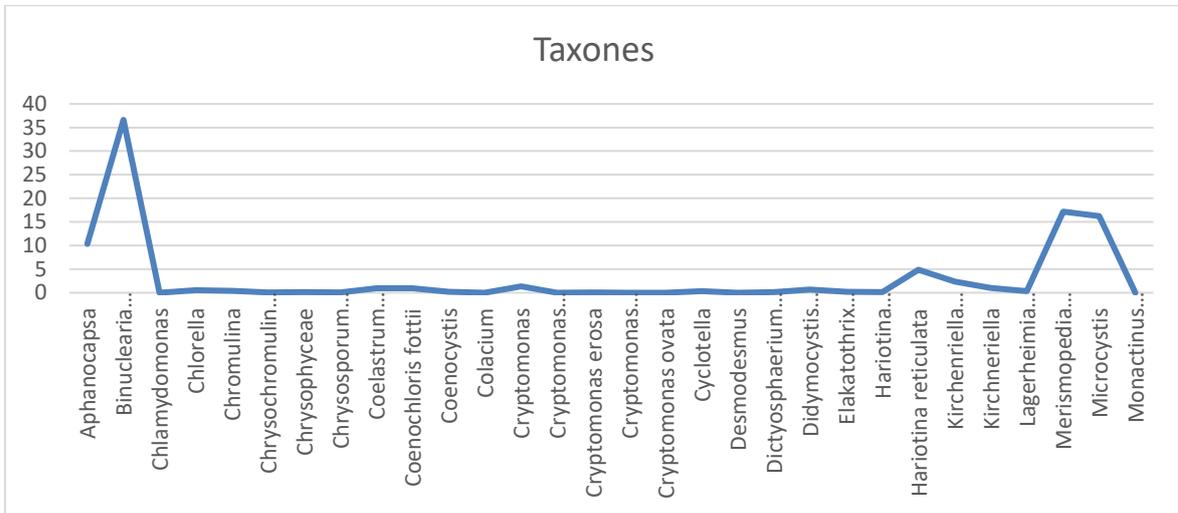


Figura 2. Porcentajes de abundancia de los taxones identificados en el embalse de La Pedrera

Los picos en abundancia corresponderían sobre todo con *Binuclearia lauterbornii* (clorofícea) y la cianobacteria *Merismopedia tenuissima* y en menor medida *Aphanocapsa*, tal y como podemos observar en la figura 2. Ambas pueden desarrollar toxinas como las microcistinas, pero es poco probable. La especie del género *Microcystis* tiene también un pico de abundancia; sin embargo, la abundancia no ha alcanzado las 200 células/ml, por lo que ha desarrollado poblaciones importantes.

La especie *Binuclearia lauterbornii* es una microalga del grupo de las clorofíceas. Esta especie en particular no desarrolla toxina alguna, aunque si pueden crecer hasta desarrollar blooms en determinadas condiciones ambientales. Es una especie frecuente en este embalse y en otros de la cuenca del Segura, se suele relacionar con altas temperaturas, por lo que es una especie termófila.

Por lo tanto, en este embalse existe una tendencia **al predominio de las clorofíceas y cianofíceas**, aunque con una escasa abundancia.

#### 4.2. Comparativa de las abundancias de las especies de cianofíceas más importantes durante los periodos 2008,2019-2021 y 2022-2024

Este estudio se complementa con los ya realizados en años anteriores. Es decir, desde 2008 hasta la actualidad, aunque no de forma continua. Se presenta una escala de colores asignada a la clasificación de alerta que hace la Organización Mundial de la Salud (OMS), según se indica en la tabla 2 para las cianobacterias, así como las abundancias máximas de las cianobacterias identificadas en un total de 34 registros.

**Tabla 4. Abundancias de las especies de cianofíceas más importantes durante los periodos 2008, 2019-2021 y 2022-2024**

| Fecha           | Taxón                          | Abundancia |
|-----------------|--------------------------------|------------|
| Ab-08           | <i>Microcystis flos-aquae</i>  | 1.304,10   |
| Ot-08           | <i>Microcystis flos-aquae</i>  | 6.205,08   |
| Ot-09           | <i>Aphanocapsa incerta</i>     | 91,13      |
| Jl-11           | <i>Synechocystis aquatilis</i> | 6,64       |
| Sp-11           | <i>Phormidium</i>              | 171,16     |
| Jl-12           | <i>Aphanocapsa</i>             | 1.153,07   |
| Sp-12           | <i>Aphanocapsa</i>             | 5.499,49   |
| Jl-13           | <i>Aphanocapsa</i>             | 3.969,43   |
| Sp-13           | <i>Aphanocapsa</i>             | 28.540,49  |
| Jl-17           | <i>Aphanizomenon</i>           | 0,24       |
| Jl-18           | <i>Pseudanabaena limnetica</i> | 79,31      |
| Sp-18           | <i>Phormidium</i>              | 383,55     |
| Jl-19           | <i>Aphanocapsa holsatica</i>   | 1.203,39   |
| Ot-19           | <i>Aphanocapsa holsatica</i>   | 1.304,93   |
| Jl-20           | <i>Microcystis</i>             | 86,2       |
| Sp-20           | <i>Merismopedia tenuissima</i> | 390,59     |
| Jl-21           | <i>Merismopedia tenuissima</i> | 1.245,16   |
| Sp-21           | <i>Merismopedia tenuissima</i> | 2.316,60   |
| Ju-22           | <i>Aphanocapsa</i>             | 7.342,37   |
| Jl-22           | <i>Merismopedia tenuissima</i> | 12.783,00  |
| Ag-22           | <i>Merismopedia tenuissima</i> | 4.272,60   |
| Sp-22           | <i>Chrysochlorum minor</i>     | 46,00      |
| Ju-23           | <i>Merismopedia tenuissima</i> | 1.562,41   |
| Jl-23           | <i>Merismopedia tenuissima</i> | 2.144,00   |
| IntroducirAg-23 | <i>Aphanocapsa</i>             | 608,80     |
| Sp-23           | <i>Merismopedia tenuissima</i> | 569,00     |

La presencia y la abundancia de las especies de los géneros *Aphanocapsa*, *Merismopedia* y *Microcystis* son las más representativas en este embalse según el registro histórico desde el 2008 al 2021 y continua la tendencia como podemos observar en la tabla 4 durante el periodo de 2022 al 2023. De hecho, de los 26 registros que presentamos, son las dominantes en al menos 21, por lo que constituyen una parte importante de las comunidades algales de este embalse. Además, según este registro histórico, podemos comprobar (Figura 3) que no se ha desarrollado ningún bloom de especies de cianobacterias con más de 100.000 cél/ml.

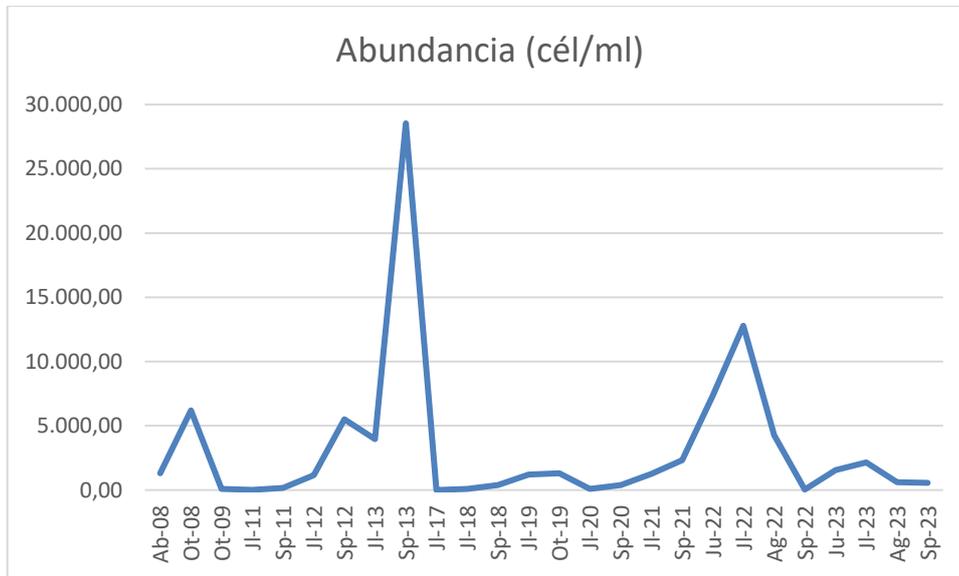


Figura 3. Abundancias de las especies de cianofíceas más importantes durante los periodos 2008-2024.

### 4.3. Evaluación de la calidad biológica

A continuación, se considerarán los elementos de calidad biológica, teniendo en cuenta los criterios mínimos exigidos en el RD 817/2015, para el tipo de embalse, como es La Pedrera, tal y como se puede ver en la Tabla 5. El embalse de La Pedrera se corresponde con una tipología E-T10 (Monomítico, calcáreo de zonas no húmedas, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos).

Tabla 5. Elementos de calidad para el tipo de embalse E-T10

| TIPOS EMBALSES | INDICADOR       | UNIDADES            | CONDICIÓN DE REFERENCIA | LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO |                       |                  |
|----------------|-----------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                |                 |                     |                         | Bueno o superior / Moderado          | Moderado / Deficiente | Deficiente/ malo |
| E-T10          | IGA             | -                   | 0,61                    | 0,982                                | 0,655                 | 0,327            |
|                | %cianobacterias | %                   | 0,00                    | 0,715                                | 0,48                  | 0,24             |
|                | Clorofila a     | mg/m <sup>3</sup> - | 2,60                    | 0,433                                | 0,287                 | 0,143            |
|                | Biovolumen      | mm <sup>3</sup> /L  | 0,76                    | 0,362                                | 0,24                  | 0,12             |

A continuación, en la tabla 6 se pueden ver los distintos indicadores de calidad según la fecha de muestreo.

| FECHA DE MUESTREO | % cianobacterias | Estado. % cianobacterias | Biovolumen (mm3/l) | Estado. Biovolumen | Clorofila a (µg/l) | Estado. Clorofila a | IGA   | Estado. IGA | Máximo potencial ecológico |
|-------------------|------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|-------------|----------------------------|
| 07/06/2022        | 0,26             | Muy Bueno                | 0,26               | Muy Bueno          | <2,0               | Muy Bueno           | 1,92  | Muy Bueno   | Muy Bueno                  |
| 08/07/2022        | 0,49             | Muy Bueno                | 0,59               | Muy Bueno          | <2,0               | Muy Bueno           | 1,84  | Muy Bueno   | Muy Bueno                  |
| 03/08/2022        | 0,00             | Muy Bueno                | 1,04               | Muy Bueno          | <2,0               | Muy Bueno           | 1,17  | Muy Bueno   | Muy Bueno                  |
| 08/09/2022        | 1,09             | Muy Bueno                | 0,43               | Muy Bueno          | <2,0               | Muy Bueno           | 0,77  | Muy Bueno   | Muy Bueno                  |
| 13/06/2023        | 0,00             | Muy Bueno                | 0,34               | Muy Bueno          | <2,0               | Muy Bueno           | 5,47  | Bueno       | Muy Bueno                  |
| 13/07/2023        | 0,00             | Muy Bueno                | 0,28               | Muy Bueno          | <2,0               | Muy Bueno           | 0,39  | Muy Bueno   | Muy Bueno                  |
| 09/08/2023        | 0,00             | Muy Bueno                | 0,23               | Muy Bueno          | <2,0               | Muy Bueno           | 0,00  | Muy Bueno   | Muy Bueno                  |
| 14/09/2023        | 0,78             | Muy Bueno                | 0,22               | Muy Bueno          | <2,0               | Muy Bueno           | 11,10 | Moderado    | Muy Bueno                  |

Tabla 6. Resultados de los elementos de calidad biológica en el embalse de La Pedrera

Como se puede observar en la tabla 6, en general los indicadores biológicos parecen no tener valores muy elevados y, por tanto, el máximo potencial ecológico, en casi todos los muestreos de los años 2022-2024 es muy bueno en todos los casos. Esto nos confirma lo que comentábamos anteriormente sobre el escaso desarrollo de las comunidades algales en este embalse.

#### 4.4. Relación entre los resultados físico-químicos y biológicos

Para establecer como se relacionan las variables físico-químicas analizadas con las comunidades de fitoplancton de todos los muestreos en los años 2022-2024, se ha propuesto realizar un análisis estadístico de tipo multivariante.

Se han analizado un total de 19 variables fisicoquímicas como: NH<sub>4</sub>, COD (Carbono orgánico disuelto), Clorofila-a, Cloruros, Conductividad, DBO<sub>5</sub>, DQO, Fósforo total (P<sub>t</sub>), Nitratos (NO<sub>3</sub>), Nitrógeno total (N<sub>t</sub>), Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), Fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), O<sub>2</sub>%, O<sub>2</sub>, pH, Solidos en suspensión (SS), Sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), Temperatura y profundidad del disco de Secchi (Tabla 7).

Para este análisis se han creado dos matrices, uno con los datos de abundancia de los taxones identificados en 8 muestras y otra matriz con los resultados de las variables fisicoquímicas.

Antes de iniciar cualquier análisis, se realizó un pretratamiento de los datos en el que se transformaron las matrices. Los datos de la matriz biológica se transformaron según el log (x+1) con el fin de expandir las abundancias poco elevadas de algunas especies y de comprimir aquellas con una elevada abundancia. De esta forma, conseguimos reducir la desviación estándar que en este tipo de datos suele ser elevada.

Por otro lado, la matriz de las variables ambientales se transformó con una “raíz a la cuarta”, con ello conseguimos que se parta de valores equivalentes para realizar los análisis en lugar de tener valores con distintas unidades.



## Informe embalse del Pedrera

| Código fecha | Fecha   | NH4    | COD   | Clr-a | Cl <sup>-</sup> | Cond | DBO5  | DQO  | Pt     | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l) | Nt (mg/l) | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) | O2% O2 (mg/l) | pH   | SS   | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) | T (°C) | Secchi (m) |     |
|--------------|---------|--------|-------|-------|-----------------|------|-------|------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|--------------------------------------|---------------|------|------|--------------------------------------|--------|------------|-----|
| Ju-22        | 7-6-22  | < 0,05 | < 2,0 | < 2,0 | 115             | 1013 | < 2,0 | < 15 | < 0,05 | 2,2                                 | 0,023                               | 0,71      | < 0,04                               | 102           | 8,09 | 8,36 | 4,4                                  | 239    | 26,6       | 2,3 |
| Jl-22        | 8-7-22  | <0,05  | 7     | <2,0  | 120             | 952  | <2,0  | <15  | <0,05  | 1,6                                 | <0,02                               | 0,42      | <0,2                                 | 106           | 8,08 | 8,33 | 3,5                                  | 297    | 29,1       | 1,2 |
| Ag-22        | 3-8-22  | 0,090  | 2,5   | < 2,0 | 111             | 1001 | 2,0   | < 15 | < 0,05 | 0,96                                | < 0,02                              | 0,64      | < 0,04                               | 98,3          | 7,45 | 8,32 | 26,8                                 | 220    | 29,7       | 1,2 |
| Sp-22        | 8-9-22  | <0,05  | 3     | <2,0  | 106             | 868  | <2,0  | <15  | <0,05  | 0,9                                 | <0,02                               | 1,3       | <0,02                                | 91,2          | 7,45 | 8,44 | 4,9                                  | 205    | 25,5       | 1,2 |
| Ju-23        | 13-6-23 | < 0,05 | 2,1   | < 2,0 | 77              | 882  | < 2,0 | 20   | < 0,05 | 0,84                                | < 0,02                              | < 0,30    | < 0,04                               | 104           | 8,49 | 8,32 | 8,3                                  | 131    | 25,2       | 1   |
| Jl-23        | 13-7-23 | <0,05  | < 2,0 | <2,0  | 89              | 681  | < 2,0 | <15  | <0,05  | 0,35                                | <0,02                               | <0,30     | <0,04                                | 103           | 7,71 | 8,15 | 4,1                                  | 136    | 30,1       | 1,5 |
| Ag-23        | 9-8-23  | < 0,05 | 2,5   | < 2,0 | 85              | 588  | < 2,0 | < 15 | < 0,05 | 0,36                                | < 0,02                              | 0,32      | < 0,04                               | 102           | 6,43 | 8,57 | 5,9                                  | 130    | 29,1       | 1,8 |
| Sp-23        | 14-9-23 | <0,05  | 3,6   | <2,0  | 60              | 644  | <2,0  | <15  | <0,05  | 0,44                                | <0,02                               | <0,3      | <0,04                                | 102           | 8,26 | 8,48 | 7,4                                  | 76     | 26,9       | 1,1 |

Tabla 7. Valores de las variables físico-químicas en el embalse de La Pedrera

Gracias al software utilizado PRIMER 6 & PERMANOVA, se pueden establecer cuáles son las variables ambientales, entre las 19 en total, que más influyen en la distribución de los taxones de las comunidades de fitoplancton utilizando el análisis multivariante db-RDA que es un tipo de ordenación canónica que busca asociar dos matrices: una ambiental y otra biológica. El objetivo es poder encontrar algún tipo de relación entre dichas variables ambientales y la biológica. Tal y como podemos observar en la figura 4, son 4 algunas de las variables ambientales más representativas, es decir aquellas que tienen un eje de mayor longitud: Carbono orgánico disuelto (COD), Demanda química del agua, Disco de secchi (Secchi) y Sólidos en suspensión (SS).

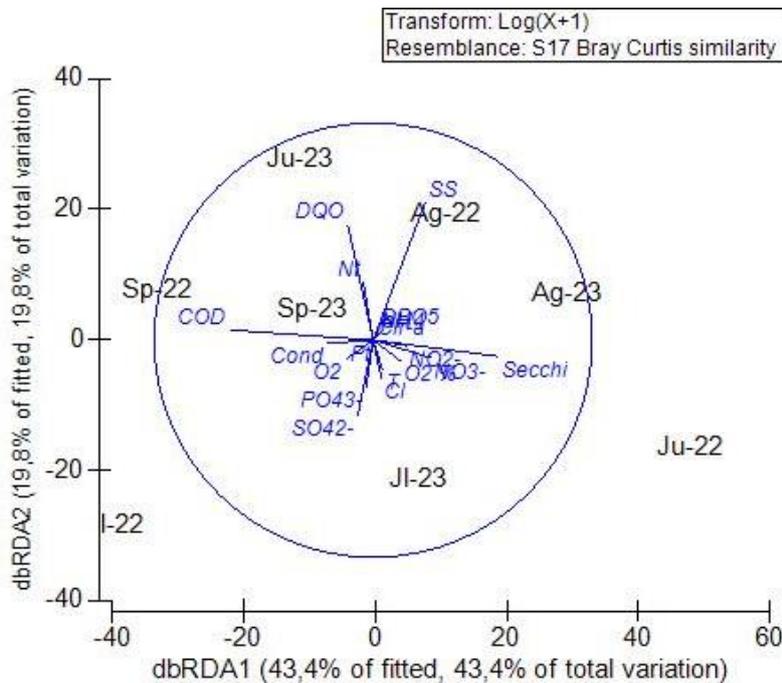


Figura 4. Resultados del análisis db RDA en el embalse del Pedrera donde podemos observar las fechas de muestreo asociados cada uno a un inventario de fitoplancton y las variables ambientales que más influyen en estas comunidades.

Tal y como hemos comentado en la caracterización taxonómica, los taxones más destacables, según sus valores de abundancia y frecuencia de aparición, son *Binuclearia* y *Merismopedia*. La especie de cloróficea *B.lauterbornii* aparece como especie dominante en las fechas de muestreo, sobre todo del lado izquierdo de la gráfica, es decir, serían Ji-22, Ju-23, Sp-22 y Sp-23, donde las variables más significativas son carbono orgánico disuelto (COD) y demanda química de oxígeno (DQO), por lo que parece que esta especie se ha visto favorecida por una mayor contaminación de

las aguas, como indican estos dos parámetros. Además, en Ag-22 son los sólidos en suspensión los más importantes y es donde encontramos el máximo de abundancia absoluta de *B.lauterbornii*.

La especie *Merismopedia* aparece sobre todo en el lado derecho de la figura 3 (Ju-22, Ag-22, Jl-23). En el muestreo de Ju-22 tiene un máximo de abundancia y en éste la transparencia parece ser que tiene más influencia respecto al resto de parámetros. Aun así, en Ag-22 son de nuevo los sólidos en suspensión los que más influyen y es donde tenemos la segunda abundancia absoluta más elevada de *M.tenuissima*.

Posiblemente la escasa abundancia en este embalse durante estos dos años de estudio sea un factor que influya en detectar cuál de las variables pueden influir en las especies y que exista solapamiento en estas variables, lo que dificulta la interpretación de los resultados.

## 5. CONCLUSIONES

Durante los años 2022-2023 no se han detectado Blooms de cianobacterias en este embalse. La abundancia algal es muy baja. Los resultados parecen estar acorde a los resultados históricos, donde las cianofíceas de los géneros *Aphanocapsa*, *Merismopedia* y *Microcystis*, son las dominantes. Los resultados del análisis de las variables ambientales no han sido concluyentes, debido a las contradicciones encontradas en cuanto a asociar las variables ambientales con la abundancia de las especies dominantes, por lo que no se ha detectado una tendencia clara respecto a las especie más abundante de las cianobacterias, como es *M.tenuissima*.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- AKTAN, YELDA and AYKULU, GÜLER (2003) "A Study on the Occurrence of Merismopedia Meyen (Cyanobacteria) Populations on the Littoral Sediments of İzmit Bay (Turkey)," Turkish Journal of Botany: Vol. 27: No. 4, Article 4. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/botany/vol27/iss4/4>
- CIRÉS GOMEZ, S. y QUESADA DEL CORRAL, A., 2011. Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas. S.l.: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. ISBN 9788449110726.
- Funari E, Manganelli M, Buratti FM, Testai E. 2017. Cyanobacteria blooms in water: Italian guidelines to assess and manage the risk associated to bathing and recreational activities. Sci Total Environ.
- Keliri, E., Paraskeva, C., Sofokleous, A. et al. Occurrence of a single-species cyanobacterial bloom in a lake in Cyprus: monitoring and treatment with hydrogen peroxide-releasing granules. Environ Sci Eur 33, 31 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00471-5>.
- Pilotto, L.S., Douglas, R.M., Burch, M.D., Cameron, S., Beers, M., Rouch, G.J., Robinson, P., Kirk, M., Cowie, C.T., Hardiman, S., Moore, C., Attewell, R.G., 1997. Health effects of exposure to cyanobacteria (blue-green algae) during recreational water-related activities. Aust. N. Z. J. Public Health 21, 562–566.
- Mulvenna, V., Orr, P.T., 2012. Australia: Guidelines, legislation and management frameworks. In: Chorus, I. (Ed.), Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries. Federal Environment Agency (Umweltbundesamt). Dessau-Roßlau, Germany:pp. 21–28
- Nöges, P. & Viirret, M. 2001. Environmental conditions and the development of Planktonema lauterbornii Schmidle in phytoplankton of Karhijärvi, a lake in SW Finland. Boreal Env. Res. 6: 181–190. ISSN 1239-6095
- WHO (World Health Organization), 2003. Guidelines for Safe Recreational Water Environments—Volume 1: Coastal and Fresh Waters. World Health Organization, Geneva.