



TESIS DOCTORAL

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua: variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta para embalses del norte de España.

Diciembre 2019



universidad
de león

Área de Ecología
Dpto. Biodiversidad y Gestión Ambiental
Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales

Directores: Francisco García Criado
María del Camino Fernández Aláez

Autor: Javier Granero Castro



universidad
de león

Área de Ecología
Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental
Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua: variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta para embalses del norte de España.

Phytoplankton in the EU Water Framework Directive context: community variability, ecological potential index considerations (IPE) and new proposal for reservoirs in northern Spain.

Javier Granero Castro
Diciembre, 2019

Dedicado a:

Paula

Deva, Yago y Mara

A mis padres: Jose y Maite

A mi hermano Pablo. A Laura y Marc

A mis abuelos

A mis amigos

Al equipo de TAXUS

A la memoria de Miguel Ferrando Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Aunque alguien pueda pensar lo contrario, este apartado de la tesis es uno de los más importantes para mí. Puede parecer algo sencillo en el que solo hay que limitarse a presentar un listado de la gente que te ha prestado su ayuda y apoyo a lo largo del largo camino que supone embarcarse en la redacción de una tesis doctoral, pero en mi caso, este listado es algo más.

Entre la gente a la que tengo que agradecer su trabajo, tiempo, ayuda, consejos, orientación, comentarios y apoyo, se encuentra gente por la que siento un gran cariño y admiración; y por lo tanto podríamos considerar los nombres que figurarán a continuación como un listado de gente muy importante para mí, sin la cual nunca hubiera podido redactar el trabajo que aquí se presenta. Además, considero personalmente que se trata de gente excepcional a la que he tenido la suerte de cruzarme en la vida y que me hacen sentir tremendamente afortunado por ello.

En primer lugar y comenzando por la parte técnico-académica del asunto, me gustaría recordar el día en el que Leonor Calvo tuvo la gran idea de presentarme a Camino Fernández Aláez y a Francisco García Criado, que no tardaron ni cinco minutos en ver el potencial de los datos que llevaba y en proponer ideas para la tesis.

Gracias por vuestras ideas, la forma de guiarme y la paciencia infinita conmigo y mi agenda imposible. Para mí es un verdadero honor haber compartido con vosotros todos estos años. Gracias Paco por la dedicación de estos últimos meses y por estar siempre disponible. Gracias por tus notas, tu crítica y tu minuciosidad en los detalles, que sin duda me han hecho ser todavía un poco más exigente. Gracias Camino, por tus ideas y tu dedicación. Gracias en especial porque no siempre es fácil estar ahí y tú has estado a pesar de las circunstancias. Cuando alguien es brillante, y tú Camino, lo eres, basta con unas pinceladas de conocimiento y experiencia para resolver las dudas y aclarar la mente.

Gracias a los dos por todo lo que me habéis enseñado y espero sigáis enseñándome en el futuro.

En segundo lugar, gracias a todos mis compañeros de TAXUS, parte fundamental de esta tesis y sin los cuales nunca hubiese podido realizarla. Me siento muy orgulloso de formar parte de este equipo.

Gracias Eloy Montes Cabrero por tus minuciosos y detallados informes allá por los comienzos. Gracias María Sánchez Arango por tu dedicación y trabajo. Gracias a todos los que participasteis en la dura tarea de tomar muestras y analizar datos: Miguel Ferrando Sánchez (te echamos mucho de menos), Javier Cordón Ezquerro-Tolas (que has debido de estar las 144 ocasiones en el agua), Verónica Gómez de la Torre, Alexis Puente Montiel, Amando Escudero Marina, Jessica Rodríguez García, Alejo Conchoso Calvo, Matías Mateo López, Txerra Pérez García, Beatriz Villazán Peñalosa, Luna Puentes Poveda, Edgar González Corral, Juan Oltra Riestra, Celia Toraño Valle, Agustín Jañez Freire. Gracias también a los que ya no estáis, pero sí participasteis: Lorena Díaz Calleja. Gracias a todos los alumnos que han estado con nosotros en prácticas y especialmente a: Clara Álvarez Muñiz, David Agustín Bes, Ester Murube Torcida, Ainara Díez López, África Raposo Moreno, Elena Arboleya García, Mario Vicente Buznego, Carmen Fernández Fuente y Paula Conde Silos.

Gracias al resto del equipo que sin duda sois un gran apoyo: Almudena Gutiérrez Escobar, Covadonga Pérez Burgos, Alea Pulgar Noriega, Sara Alonso Tamargo, Javier Arduengo Sánchez, Alejandro Sánchez Reguero, Nerea Iglesias Fernández y Alberto Martínez García.

Gracias a todos los que habéis participado en las duras labores de taxonomía: Sonia González Rodríguez (Universidad de Oviedo), Javier Aguilar Escribano (Fitotax), Juan Höfer (Universidad de Oviedo) y Beatriz Villazán Peñalosa (TAXUS).

Me gustaría destacar especialmente a Eloy, gracias por tu trabajo. A Jessi, gracias por tus planos. A Tolas, gracias por tu tiempo y consejos. A Vero, gracias por tus revisiones y formatos imposibles. A Celia, gracias por tu trabajo y a Bea, muchas gracias por tu trabajo, revisiones y comentarios.

En tercer lugar me gustaría agradecer a EDP la predisposición mostrada en todo momento para poder emplear los datos obtenidos durante los muestreos con otros fines científicos. Gracias Emilio Antonio Fernández González por la confianza que depositaste en nosotros para poder desarrollar estos trabajos.

Gracias también a Sonia Blanco Murcia por su apoyo e interés durante todos estos años.

En el ámbito más personal, me gustaría darle las gracias a aquellos que me han hecho tener este tipo de inquietudes y a los que me inspiran para tratar de ser un poco mejor cada día. Gracias a mi familia y a mis amigos.

A mis padres Jose E. Granero Trancón y Maite Castro Fernández por darme ejemplo y apoyarme siempre.

A mi hermano Pablo Granero Castro que sin duda es un gran apoyo y ejemplo para mí. A Laura y a Marc por convertirme ¡en tío!

A mis abuelos: Amador Granero García y Pergentina Trancón Panizo; Plácido Castro Arias y Narbola Fernández Fernández, por sus enseñanzas y cariño.

A mis amigos y en especial a Alberto Tahoces Sariego, Pablo González Alonso, Abel Ferreras Ruiz del Árbol, Julia García-Cossio Fernández, Ana García-Cossio Fernández y Cristina Cardín de Paz.

A Miguel Ferrando Sánchez, que sin duda es el que más fuerza me ha dado a lo largo de este último año para afrontar la recta final y al que le dedico una parte muy importante del trabajo. Gracias Miguel, porque aunque ya no estés, sigues aquí.

Finalmente, me gustaría dar las gracias a la persona que más ha puesto de su parte para que yo pudiese terminar esta tesis: Paula Llames Zuazua. Muchas gracias Paulis por tu apoyo y paciencia, sin las cuales no podría estar ahora terminando estas líneas. Gracias por tu tiempo, que espero poder devolverte de aquí en adelante. Te quiero.

Y ya para terminar, me gustaría darles las gracias a los que hoy en día son el motor de mi vida por todo lo que me enseñan y lo afortunado que me hacen sentir. Perdón por el tiempo que os he robado durante estos últimos meses Gracias Deva, Gracias Yago y Gracias Mara. Os quiero mucho.

Desde la aparición de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) y a lo largo de estos casi 20 años de desarrollo de la misma, se ha venido tratando de establecer un marco de trabajo que permita conocer cuál es el estado de las masas de agua a nivel europeo, cómo se deben controlar y cuáles serán los objetivos de calidad a alcanzar. Para ello, se han establecido unos protocolos oficiales y una serie de elementos de calidad biológica, físico-química e hidromorfológica que permitirán conocer los estados o potenciales ecológicos de las mismas. (Anexos I y II RDL 817/2015).

Los embalses, en el contexto de la DMA, son masas de agua muy modificadas asimilables a lagos. El estado o potencial ecológico de una masa de agua se define como el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales y viene determinado por el peor valor de su estado o potencial ecológico y de su estado químico. El potencial ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a una masa de agua artificial o muy modificada. Conforme a la normativa, el potencial ecológico en embalses se evalúa mediante el Índice de Potencial Ecológico (IPE), que se basa en el fitoplancton como elemento indicador a través de los indicadores siguientes: Clorofila *a*, biovolumen, Índice de Grupos Algales (IGA) y % de cianobacterias.

El presente trabajo tiene como objetivos generales describir las características ambientales y el potencial ecológico en embalses del norte de España, analizar la variabilidad temporal (estacional e interanual) de la comunidad fitoplanctónica y analizar críticamente el rendimiento del IPE para plantear, en su caso, propuestas de mejora. Para ello se han obtenido muestras de un total de 12 embalses ubicados en Asturias, de forma estacional y a lo largo de varios años.

Los resultados obtenidos muestran un IPE muy homogéneo entre embalses y fechas de muestreo, que denotan mayoritariamente un potencial muy bueno, lo que no coincide con los resultados obtenidos mediante el estudio de otros indicadores tradicionales como el estado trófico.

Si el potencial ecológico se centra en exclusiva en el elemento fitoplancton y en su composición a lo largo del tiempo, entonces el estudio de la comunidad desde un punto de vista temporal resulta de especial interés. Por ello, se ha estudiado la variabilidad de la composición taxonómica (estacional e interanual) recurriendo al índice de Sørensen como medida de heterogeneidad, desglosándolo además en sus dos componentes, reemplazo y anidamiento. La conclusión del mismo es que la variabilidad, tanto estacional como interanual, de la comunidad son elevadas y se explican fundamentalmente por el reemplazo de especies.

Con estos antecedentes, en los que el IPE no parece reflejar de forma adecuada el estado de los embalses y dado que las métricas empleadas para su cálculo se basan exclusivamente en el fitoplancton, que presenta un comportamiento estocástico, se plantea la necesidad de revisar la metodología de cálculo del IPE. Los resultados del estudio apuntan a que la forma de calcular el IPE enmascara las condiciones reales de los embalses y no es lo suficientemente sensible a los procesos de eutrofia. A raíz de ello, se plantea una nueva propuesta para el cálculo del IPE, denominada IPE-PV, que mejora la correlación con el estado trófico sin alterar la relación entre el resto de métricas. Finalmente, se presenta otra propuesta de corrección final del IPE-PV con elementos de calidad físico-químicos, que suponen una mejora significativa entre los niveles de correlación existentes entre el IPE-PV y el estado trófico y que además, se adecúan mejor al marco normativo.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN	1
1.2. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE UNA MASA DE AGUA TIPO EMBALSE.....	4
1.2.1. El potencial ecológico	4
1.2.2. El estado químico	6
2. OBJETIVOS	7
3. ÁREA DE ESTUDIO	9
3.1. MARCO GEOGRÁFICO Y MEDIO FÍSICO	9
3.1.1. Climatología.....	9
3.1.2. Biogeografía y bioclimatología	11
3.1.3. Geología y geomorfología	13
3.1.4. Usos del suelo y espacios protegidos.....	15
3.2. TIPOLOGÍAS DE EMBALSES SEGÚN SUSTRATO Y CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS.....	16
4. METODOLOGÍA	25
4.1. PLANIFICACIÓN	26
4.2. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	27
4.2.1. Selección del punto de muestreo	28
4.2.2. Procedimiento de muestreo.....	29
4.3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	34
4.3.1. Análisis cuantitativo de fitoplancton y cálculo del biovolumen	34
4.3.2. Cálculo del IGA y RCEs.....	37
4.3.3. Condiciones de referencia y cálculo del IPE	39
4.4. DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO.....	42
4.4.1. Estado Trófico (ET).....	43
4.4.2. Trophic State Index (TSI).....	44
5. RESULTADOS: CARACTERIZACIÓN DE LOS EMBALSES	45
5.1. RESULTADOS POR EMBALSE.....	45
5.1.1. Embalse de Furacón	45
5.1.2. Embalse de Priañes	50
5.1.3. Embalse de Valdemurio	55

5.1.4. Embalse de Pilotuerto	60
5.1.5. Embalse de La Barca	65
5.1.6. Embalse de Rioseco	71
5.1.7. Embalse de Tanes	76
5.1.8. Embalse de Saliencia	81
5.1.9. Embalse de Somiedo	86
5.1.10. Embalse de Valle I	91
5.1.11. Embalse de Valle II	95
5.1.12. Embalse de Salime	100
5.2. SÍNTESIS DE RESULTADOS	106
5.2.1. Variables físico-químicas y biológicas.....	106
5.2.2. Potencial ecológico y estado trófico.....	108
5.2.3. Comunidad de fitoplancton	109
6. LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA Y SU VARIABILIDAD	113
6.1. PRESENTACIÓN.....	113
6.2. OBJETIVOS	116
6.3. TRATAMIENTO DE DATOS	117
6.4. RESULTADOS	119
6.4.1. Variabilidad estacional: géneros	119
6.4.2. Variabilidad interanual: géneros.....	122
6.4.3. Variabilidad estacional: grupos algales	125
6.4.4. Variabilidad interanual: grupos algales	128
6.5. DISCUSIÓN	131
7. VALORACIÓN CRÍTICA DEL ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	139
7.1. RESUMEN DE RESULTADOS Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	139
7.1.1. Homogeneidad de resultados del IPE	139
7.1.2. Variabilidad del Trophic State Index (TSI) y Estado Trófico (ET)	143
7.1.3. Planteamiento del análisis y objetivos específicos	146
7.2. ¿REFLEJA EL IPE LOS EFECTOS DE LAS PRESIONES AMBIENTALES?	147
7.2.1. Análisis de presiones e impactos.....	148
7.2.2. Relación entre IPE y TSI/ET	155
7.3. INDICADORES DEL IPE Y ET	157
7.3.1. Índice de Grupos Algales	157
7.3.2. % de Cianobacterias	160
7.3.3. Biovolumen	163
7.3.4. Clorofila a.....	166
7.3.5. Síntesis de resultados	168

7.4. DISCUSIÓN	176
7.5. NUEVA PROPUESTA PARA EL CÁLCULO DEL IPE (IPE-PV)	180
7.5.1. Valores obtenidos para el nuevo IPE (IPE-PV)	181
7.5.2. Relación entre el IPE-PV, IPE y ET	188
7.6. CORRECCIÓN DEL IPE-PV CON ELEMENTOS FÍSICO-QUÍMICOS	190
7.6.1. Propuesta de un método para la incorporación de elementos de calidad físico-químicos en el IPE-PV	194
7.6.2. Aplicación del método propuesto	196
8. CONCLUSIONES	205
9. BIBLIOGRAFÍA.....	207
10. ANEXOS	219
10.1. ANEXO I – MAPAS	
10.2. ANEXO II – FICHAS RESUMEN POR EMBALSE	
10.3. ANEXO III – TABLAS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del Potencial Ecológico de las masas de agua.....	5
Tabla 2. Elementos de calidad e indicadores para el cálculo del potencial ecológico en masas de agua muy modificadas asimilables a lagos.....	6
Tabla 3. Categorías de color para el estado químico en masas de agua.....	6
Tabla 4. Caracterización biogeográfica de los embalses de la zona de estudio.	11
Tabla 5. Datos bioclimáticos de la zona de estudio. Fuente: AEFA, (1994).....	12
Tabla 6. Figuras de protección que afectan a los embalses objeto de estudio.....	15
Tabla 7. Clasificación por tipologías de los embalses estudiados según la Orden ARM/2656/2008.....	17
Tabla 8. Características morfométricas de los embalses estudiados.....	18
Tabla 9. Relación de campañas realizadas.	27
Tabla 10. Valores de condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico de los indicadores del elemento de calidad biológica fitoplancton para los tipos de embalses objeto de estudio.	40
Tabla 11. Criterios de obtención de RCE normalizados por tipologías.	41
Tabla 12. Límites de cambio de clase de estado según valores del IPE.	42
Tabla 13. Clasificación del estado trófico ET en función de los valores de los indicadores seleccionados.....	43
Tabla 14. Clasificación del estado trófico en función del resultado del TSI.	44
Tabla 15. Clasificación del Estado del Embalse de Furacón.	48

Tabla 16. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Furacón.	48
Tabla 17. Clasificación del Estado del Embalse de Poriañes.	53
Tabla 18. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Poriañes.	54
Tabla 19. Clasificación del Estado del Embalse de Valdemurio.	58
Tabla 20. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Valdemurio.	59
Tabla 21. Clasificación del Estado del Embalse de Pilotuerto.	63
Tabla 22. Serie histórica del Estado Trófico del embalse de Pilotuerto.	63
Tabla 23. Clasificación del Estado del Embalse de La Barca.	69
Tabla 24. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de La Barca.	70
Tabla 25. Clasificación del Estado del Embalse de Rioseco.	74
Tabla 26. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Rioseco.	75
Tabla 27. Clasificación del Estado del Embalse de Tanes.	79
Tabla 28. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Tanes.	79
Tabla 29. Clasificación del Estado del Embalse de Saliencia.	84
Tabla 30. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Saliencia.	84
Tabla 31. Clasificación del Estado del Embalse de Somiedo.	88
Tabla 32. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Somiedo.	89
Tabla 33. Clasificación del Estado del Embalse de Valle I.	93
Tabla 34. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Valle I.	94
Tabla 35. Clasificación del Estado del Embalse de Valle II.	98
Tabla 36. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Valle II.	99
Tabla 37. Clasificación del Estado del Embalse de Salime.	103
Tabla 38. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Salime.	104
Tabla 39. Variabilidad estacional para los géneros del muestreo cuantitativo.	119
Tabla 40. Variabilidad estacional para los géneros del muestreo cualitativo.	121
Tabla 41. Variabilidad interanual para los géneros del muestreo cuantitativo.	122
Tabla 42. Variabilidad interanual para los géneros del muestreo cualitativo.	123
Tabla 43. Variabilidad estacional para los grupos algales del muestreo cuantitativo.	125
Tabla 44. Variabilidad estacional para los grupos algales del muestreo cualitativo.	126
Tabla 45. Variabilidad interanual para los grupos algales del muestreo cuantitativo.	128
Tabla 46. Variabilidad interanual para los grupos algales del muestreo cualitativo.	130
Tabla 47. Potencial Ecológico de los embalses estudiados.	142
Tabla 48. Grado de eutrofia según TSI de los embalses estudiados.	144
Tabla 49. Grado de eutrofia según ET de los embalses estudiados.	145
Tabla 50. Identificación de presiones sobre los embalses objeto de estudio.	151

Tabla 51. Correlación entre IPE-TSI e IPE-ET para todos los muestreos.....	155
Tabla 52. Correlación entre IPE-TSI e IPE-ET durante los veranos.	155
Tabla 53. Correlación entre el Estado del IPE y el ET.	156
Tabla 54. Correlación entre el IGA y sus RCEs con el IPE y el ET.....	160
Tabla 55. Correlación entre el % de cianobacterias y sus RCEs con el IPE y el ET.....	163
Tabla 56. Correlación entre el biovolumen y sus RCEs con el IPE y el ET.....	166
Tabla 57. Correlación entre la clorofila a y sus RCEs con el IPE y el ET.....	168
Tabla 58. Valores de los RCE normalizados para todos los muestreos empleados para el cálculo de los RCE Composición, Biovolumen e IPE.	169
Tabla 59. Correlación entre los indicadores del IPE, el RCE Composición y Biomasa con el IPE y el ET, para todos los muestreos.	174
Tabla 60. Correlación entre los indicadores del IPE, el RCE Composición y Biomasa con el IPE y el ET para los muestreos estivales.	175
Tabla 61. Valores de los RCE normalizados de los indicadores del IPE y selección del peor valor para establecer el IPE-PV.	182
Tabla 62. Resultados del IPE-PV de los embalses estudiados.	187
Tabla 63. Correlación entre el Estado del IPE y el ET; y el Estado del IPE-PV con el ET para todos los muestreos.	188
Tabla 64. Correlación entre el Estado del IPE y el ET; y el Estado del IPE-PV con el ET para los muestreos estivales.	188
Tabla 65. Correlación entre los indicadores del IPE y sus RCE normalizados con el Estado del IPE y el Estado del IPE-PV.....	189
Tabla 66. Elementos de calidad e indicadores para el cálculo del potencial ecológico en masas de agua muy modificadas. Fuente: Orden ARM/2656/2008 vigente hasta septiembre 2015.....	191
Tabla 67. Resumen del sistema de puntuación empleado por la Demarcación Hidrológica del Miño-Sil para valorar parámetros fisicoquímicos hasta el año 2015. Fuente: Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil (2009-2015, Derogado).	194
Tabla 68. Propuesta para la corrección del IPE-PV con elementos de calidad físico-químicos.....	195
Tabla 69. Valores de los elementos de calidad físico-químicos y estado FQ final....	198
Tabla 70. Resultados del IPE-PV corregido con FQ.....	202
Tabla 71. Correlación entre el Estado IPE-PV y el ET y el Estado IPE-PV-FQ con el ET para todos los muestreos y para los muestreos estivales.....	203
Tabla 72. Correlación entre los indicadores del IPE, disco de Secchi, fósforo total, densidad, oxígeno hipolimnético y Estado FQ con el ET y el Estado Final IPE-PV-FQ.....	204

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Definición del Buen Estado de aguas superficiales según la DMA.....	5
Figura 2. Distribución de los embalses en el área de estudio.....	9
Figura 3. Distribución de las temperaturas medias de las máximas y media de las mínimas en Asturias. Fuente: Felicísimo 1980, 1990.	10
Figura 4. Distribución de las precipitaciones medias anuales en Asturias. Fuente: Felicísimo 1980, 1990.....	11
Figura 5. Sectorización biogeográfica de Asturias. Fuente: Sistema de Información Ambiental del Principado de Asturias (SIAPA).....	12
Figura 6. Precipitaciones anuales durante el periodo 2012-2017 y líneas de tendencia.	13
Figura 8. Unidades Geomorfológicas de Asturias. Fuente: Red Ambiental de Asturias	14
Figura 9. Distribución de los embalses objeto de estudio y espacios protegidos.	15
Figura 10. Porcentaje de los embalses estudiados en función de su tipología.....	18
Figura 11. Altitud (metros sobre el nivel del mar) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada embalse (parte inferior) del estudio.	19
Figura 12. Capacidad (volumen; hm ³) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada embalse (parte inferior) del estudio.....	20
Figura 13. Superficie (ha) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada embalse (parte inferior) del estudio.....	21
Figura 14. Profundidad máxima (m) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada (parte inferior) del estudio.....	22
Figura 15. Área de la cuenca vertiente (Km ²) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada (parte inferior) del estudio.	23
Figuras 16 y 17. Procedimiento de determinación de la transparencia.	29
Figuras 18 a 21. Perfil físico-químico de la columna de agua y material utilizado.....	30
Figuras 22 y 23. Medición de clorofila-a mediante Algaetorch.....	31
Figuras 24 a 27. Material utilizado para la recogida y análisis de fitoplancton.....	32
Figuras 28 a 31. Material utilizado para la recogida y análisis de fitoplancton.....	33
Figura 32. Autoanalizador de flujo segmentado utilizado.....	34
Figura 33. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Furacón.....	46
Figura 34. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Furacón.....	50
Figura 35. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Priañes.....	52
Figura 36. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Priañes.....	55

Figura 37. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Valdemurio.....	57
Figura 38. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Valdemurio...	60
Figura 39. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Pilotuerto.....	62
Figura 40. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Pilotuerto.....	65
Figura 41. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de La Barca.	67
Figura 42. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de La Barca.	71
Figura 43. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Rioseco.	73
Figura 44. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Rioseco.	76
Figura 45. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Tanes.	77
Figura 46. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Tanes.	80
Figura 47. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Saliencia.	82
Figura 48. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Saliencia.	85
Figura 49. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Somiedo.....	87
Figura 50. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Somiedo.	90
Figura 51. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Valle I.	92
Figura 52. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Valle I.	95
Figura 53. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Valle II.....	97
Figura 54. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Valle II.....	100

Figura 55. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Salime.....	101
Figura 56. Representación gráfica del biovolumen (mm ³ /l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Salime.....	105
Figura 57. Promedio de aparición de géneros nuevos por embalse (superior) y promedio total (inferior) del tanto por ciento de aparición de géneros durante el periodo 2012-2015 de las muestras cuantitativas y cualitativas de fitoplancton.	112
Figura 58. Representación esquemática del calendario de muestreo, con indicación de los datos utilizados para comprobar variabilidad interanual y estacional.	118
Figura 59. Representación de la variabilidad estacional del muestreo cuantitativo (β_{SOR}), mediante sus componentes β_{SIM} y β_{NES}	120
Figura 60. Representación de la variabilidad estacional del muestreo cualitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{SIM} y β_{NES}	121
Figura 61. Representación de la variabilidad interanual del muestreo cuantitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{sim} y β_{nes}	123
Figura 62. Representación de la variabilidad interanual del muestreo cualitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{sim} y β_{nes}	124
Figura 63. Representación de la variabilidad estacional para grupos algales del muestreo cuantitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{SIM} y β_{NES}	126
Figura 64. Representación de la variabilidad estacional para grupos algales del muestreo cualitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{SIM} y β_{NES}	127
Figura 65. Representación de la variabilidad interanual para grupos algales del muestreo cuantitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{sim} y β_{nes}	129
Figura 66. Representación de la variabilidad interanual para grupos algales del muestreo cualitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{sim} y β_{nes}	130
Figura 67. Clasificación de embalses según IPE.....	141
Figura 68. Clasificación de embalses según TSI y ET.....	143
Figura 69. Izquierda: Aspecto del embalse durante el muestreo de fitoplancton en la campaña estival 2018. Derecha: Detalle de la muestra recogida para la cuantificación e identificación del fitoplancton.	159
Figura 70. Clasificación de embalses según indicador IGA para todas las tipologías y por tipos. A la derecha representación para n=144.	159
Figura 71. Clasificación de embalses según indicador % de cianobacterias para todas las tipologías y por tipos. A la derecha representación para n=144.	162
Figura 72. Clasificación de embalses según indicador biovolumen para todas las tipologías y por tipos. A la derecha representación para n=144.....	165
Figura 73. Clasificación de embalses según indicador clorofila a para todas las tipologías y por tipos. A la derecha representación para n=144.....	167
Figura 74. Clasificación de embalses según los RCE_normalizados de los cuatro indicadores del fitoplancton para n=144.....	173
Figura 75. Clasificación de embalses según IPE, IPE-PV y ET.....	181

Figura 76. Propuesta de esquema de toma de decisiones para catalogar el potencial ecológico de una masa de agua artificial o muy modificada.	196
Figura 77. Evaluación de la calidad en los embalses mediante indicadores físico-químicos y representación del estado FQ final.....	197
Figura 78. Clasificación final de los embalses mediante la corrección con elementos de calidad físico-químicos (Estado IPE-PV+FQ), frente al IPE e IPE-PV.....	201

ABREVIATURAS

ACA	Agencia Catalana del Agua
AEFA	Asociación Española de Fitosociología
BV	Biovolumen
CAPV	Comunidad Autónoma del País Vasco
CHC	Confederación Hidrográfica del Cantábrico
CHCocc	Confederación Hidrográfica del Cantábrico Occidental
CHD	Confederación Hidrográfica del Duero
CHE	Confederación Hidrográfica del Ebro
CHGC	Confederación Hidrográfica Galicia Costa
CHMS	Confederación Hidrográfica Miño-Sil
Clfa	Clorofila a
DMA	Directiva Marco del Agua
DPH	Dominio Público Hidráulico
DS	Disco de Secchi
EI	Especies Exóticas Invasoras
EQR	Ecological Quality Ratio
ET	Estado Trófico
FQ	Físico-químico
FUAM	Fundación Universidad Autónoma de Madrid
IGA	Índice de Grupos Algales
IH	Índice de Humedad
IPE	Índice de Potencial Ecológico
IPE-PV	IPE considerando el Peor Valor de los indicadores
IPE-PV-FQ	IPE-PV corregido con FQ
IPH	Instrucción del Planificación Hidrográfica
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
MPE	Máximo Potencial Ecológico
NCA	Normas de Calidad Ambiental
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PHC	Plan Hidrológico del Cantábrico
PT	Fósforo Total
PVC	Policloruro de Vinilo
RCE	Ratio de Calidad Ecológica
RCE_n	Ratio de Calidad Ecológica normalizado
RDL	Real Decreto Legislativo
RPH	Reglamento de Planificación Hidrológica
SIAPA	Sistema de Información Ambiental del Principado de Asturias
TSI	Trophic State Index
ZEC	Zona de Especial Conservación

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN

Desde la aparición de la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE (en adelante DMA) y a lo largo de estos casi 20 años de desarrollo de la misma, se ha venido tratando de establecer un marco de trabajo que permita conocer cuál es el estado de las masas de agua a nivel europeo, cómo se deben controlar y cuáles serán los objetivos de calidad a alcanzar. Para ello, en función de la naturaleza de masa de agua y de las diferentes tipologías que se definen para cada una, se han establecido una serie de elementos de calidad biológica, físico-química e hidromorfológica que permitirán conocer los estados o potenciales ecológicos de las mismas. (Anexos I y II RDL 817/2015).

La trasposición de la Directiva 2000/60/CE en España se realizó mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social que incluye, en su artículo 129, la modificación del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por la que se incorpora al derecho español la Directiva 2000/60/CE, estableciendo un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Posteriormente, destacan en este proceso el Real Decreto 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica, la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica y más recientemente el Real Decreto 817/2015, de 11 de diciembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, así como del Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tago, Guadiana y Ebro; así como el establecimiento de los estados y potenciales ecológicos para cada masa de agua.

Durante el desarrollo de la DMA, han sido muchas las propuestas sobre los elementos de calidad a emplear, sobre los protocolos a utilizar tanto de laboratorio como de muestreo en campo y se ha discutido mucho sobre qué métricas son útiles

para evaluar el estado así como sobre los valores que establecen las clases de corte de dichos estados. (Alba Tercedor J., et al. 2002; ACA 2003; Moss et al., 2013)).

Tras muchos años en los que cada Confederación Hidrográfica ha desarrollado protocolos propios de muestreo (MMA, 2005; CHC 2007), es en el año 2012 cuando el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (hoy Ministerio para la Transición Ecológica) publica una serie de protocolos de común aplicación en todo el territorio nacional, que se han ido actualizando a lo largo de estos años (MITECO, 2013).

Paralelamente a la necesidad de conocer el estado de las masas de agua y aplicar una buena gestión sobre las mismas, desde el punto de vista de la Administración, surge esta misma necesidad de conocimiento por parte de la empresa privada, ya que en muchas ocasiones sus intereses están directamente relacionados con el estado de las masas y los posibles impactos ambientales que se produzcan sobre ellas, con las consiguientes implicaciones que ello puede suponer para las compañías. Es en el año 2007 cuando se publica la Ley de Responsabilidad Medioambiental (Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental), la cual establece la necesidad de reponer a las condiciones iniciales cualquier deterioro que se produzca en el medio ambiente como consecuencia de la actividad de una empresa, obligando además a cuantificar los riesgos, así como a establecer seguros que cubran dichos riesgos. La Ley de Responsabilidad Medioambiental emplea el término conocido como "estado básico", que sería aquel en el que se encuentra el medio ambiente antes de la ocurrencia de un accidente y que por lo tanto define el estado al que habría que reponer las condiciones en caso de ocurrencia.

En el marco de este panorama, la compañía Hidroeléctrica del Cantábrico S.A.U. (actualmente EDP Generación), le encomienda a TAXUS MEDIO AMBIENTE, empresa de la que el autor del presente trabajo es director del área de medio ambiente y sostenibilidad, la labor de iniciar un seguimiento de sus instalaciones hidráulicas para poder disponer de datos adecuados que permitan la toma de decisiones, así como para determinar el estado básico en el que se encontrarían las masas de agua sobre las que la compañía ejerce algún tipo de actividad, de cara a afrontar posibles responsabilidades ambientales.

La determinación del estado básico de un embalse deberá tomar como referencia los protocolos oficiales que ha establecido la Administración, basados en la ya

citada Directiva Marco del Agua. Cabe señalar aquí, en relación con el estado básico, que cuando se pretende realizar una monitorización mediante el empleo de indicadores de tipo biológico, estos pueden presentar variaciones en el tiempo, ya que en función del momento del año en el que se analice un indicador, los resultados pueden ser muy distintos: no es lo mismo proceder al muestreo del fitoplancton durante los periodos de estratificación o mezcla de un embalse, ni durante un bloom algal o un periodo oligotrófico. Este aspecto por tanto, puede suponer un problema a la hora de determinar el estado básico desde un punto de vista legal, ya que si este no es constante a lo largo del tiempo, en caso de ocurrencia de un accidente o incidente ambiental ¿Cuál sería el estado al que habría que reponer las condiciones iniciales? La legislación establece que ese estado sería aquel que corresponda con la mejor información disponible, por lo que surge la necesidad de disponer de buena información en todo momento.

La respuesta a la pregunta anterior presenta un matiz, ya que el desarrollo de la Ley de Responsabilidad Medioambiental a través del Real Decreto 2090/2008 incorpora el concepto de "estado básico de tipo dinámico", reconociendo la posibilidad de que el estado no sea fijo y por lo tanto se pueda establecer un estado variable a lo largo del tiempo, aspecto muy necesario para una problemática como la que se expone en el siguiente trabajo, ya que como se ha comentado, las poblaciones de fitoplancton no son iguales a la largo del año y están sujetas a variaciones que dependen de variables ambientales y estacionales (Reynolds CS., 1984; Sommer U. 1986; Anneville O. et al 2004; Havel J. E. & Pattiinson K.R. 2004; Grabowska M. et al, 2013; Pandiammal, J. 2017).

La experiencia obtenida con los resultados de los primeros análisis de elementos de calidad biológica referidos a macroinvertebrados bentónicos que EDP desarrolló aguas abajo de la central térmica de Soto de Ribera (Sánchez et al, 2013), indicaba que efectivamente existía una variabilidad asociada a este elemento entre el invierno y el verano; y además los resultados más recientes de los que disponía la compañía respondían a un estado bueno, frente a los que se reflejaban en la última información oficial disponible por parte de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, la cual, coincidiendo con los años de la crisis y ante la imposibilidad de licitar los concursos relativos al seguimiento de las masas de agua, disponía de una información obsoleta. Este tipo de hechos, sumado a la importancia que este conocimiento tiene para una compañía que se dedica a la explotación de los recursos hidráulicos, propiciaron que EDP se plantease monitorizar todas las masas de agua sobre las que puede ejercer una influencia.

Los objetivos que se plantearon por aquel entonces fueron muchos: desde la mera obtención de datos en las diferentes estaciones del año para determinar el potencial ecológico de los embalses, la comprobación de la idoneidad de los nuevos protocolos diseñados por el Ministerio así como de la adecuación de las métricas, hasta la posibilidad de establecer la existencia de unos patrones constantes a lo largo de las diferentes estaciones que permitiese extrapolar valores del índice de potencial ecológico en función de la época del muestreo.

Ante este nuevo panorama y con la convicción de que todos los datos que se pudiesen obtener en relación con los nuevos protocolos publicados serían datos muy útiles para contrastar con cualquier investigación y seguimiento que se realizase sobre este asunto por parte del Ministerio, se dio comienzo al trabajo que aquí se presenta.

1.2. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE UNA MASA DE AGUA TIPO EMBALSE

Los embalses, en el contexto de la DMA, son masas de agua muy modificadas asimilables a lagos. El estado de una masa de agua se define como el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales y viene determinado por el **peor valor** de su **estado o potencial ecológico** y de su **estado químico**.

En el caso concreto de los embalses, se han establecido una serie de tipologías, así como unos elementos de calidad asociados a unas métricas específicas, que nos permiten determinar el Potencial Ecológico de los mismos.

1.2.1. El potencial ecológico

El potencial ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a una masa de agua artificial o muy modificada. Para clasificar el potencial ecológico de embalses (masas de agua superficial muy modificadas) se deberían emplear **elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos**, incluidos dentro del anexo V del Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH), quedando determinado por el peor valor que se haya obtenido para cada uno de los elementos de calidad por separado.



Figura 1. Definición del Buen Estado de aguas superficiales según la DMA.

Se clasifica en 4 categorías; máximo y bueno, moderado, deficiente y malo. A la hora de representar los resultados, a cada categoría se le debe asignar una combinación de colores excepto Bueno y Máximo, que comparten combinación, según se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del Potencial Ecológico de las masas de agua.

Potencial ecológico	Código de colores	Color
Bueno y Máximo	Franjas verdes y gris oscuro iguales	
Moderado	Franjas amarillas y gris oscuro iguales	
Deficiente	Franjas naranjas y gris oscuro iguales	
Malo	Franjas rojas y gris oscuro iguales	

Históricamente, el estudio de la calidad de los embalses se centró en la determinación del estado trófico y el análisis de métricas como el Fosforo total, el fitoplancton (clorofila-a-, densidad algal), transparencia de la columna de agua (disco de Secchi), etc, (Vollenweider & Kerekes, 1980; O.C.D.E. 1982; Rast & Thornton, 2003) si bien, a pesar de que el protocolo del MITECO que define el muestreo en los embalses es muy completo y sigue incorporando la necesidad de obtener datos en cuanto a estos elementos, el protocolo de cálculo de Índice de Potencial Ecológico (en adelante IPE) establecido en el RD 817/2015, incorpora los elementos de calidad y sus indicadores para la determinación del potencial ecológico de los embalses según se recoge en la Tabla 2.

Tabla 2. Elementos de calidad e indicadores para el cálculo del potencial ecológico en masas de agua muy modificadas asimilables a lagos. Fuente: RD 817/2015.

Tipo	Elemento de calidad	Indicador
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a Biovolumen Índice de Grupos Algales (IGA) Porcentaje de cianobacterias

1.2.2. El estado químico

El estado químico de una masa de agua se evalúa mediante el análisis de conformidad de la concentración de las sustancias prioritarias y otros contaminantes con las Normas de Calidad Ambiental (NCA) recogidas en el anexo IV del Real Decreto 817/2015.

Según el citado Real Decreto, el estado químico se evaluará en base a la peor clasificación de todas las sustancias recogidas en el anexo IV y tal y como se indica en la Tabla 3, se calificará en dos categorías.

Tabla 3. Categorías de color para el estado químico en masas de agua.

Categoría	Color
BUENO	
NO ALCANZA EL BUENO	

2. OBJETIVOS

El presente trabajo se plantea con una serie de objetivos que, partiendo de la necesidad de obtener datos específicos para un total de 12 embalses ubicados en Asturias con tipologías diversas, permitan evaluar y analizar los resultados obtenidos en cuanto al seguimiento y caracterización del estado de las masas de agua tipo embalse.

La aplicación de una nueva legislación específica, junto con la aparición de nuevos protocolos de muestreo y laboratorio que establecen por primera vez de forma inequívoca los elementos a considerar para determinar el potencial ecológico de una masa de agua tipo embalse, plantean un buen escenario para comprobar si los resultados obtenidos son adecuados o por el contrario requieren de mejoras, ajustes o revisiones, que puedan incorporarse durante el desarrollo de los futuros planes hidrológicos.

Así, según lo indicado anteriormente, los objetivos generales del presente trabajo se pueden resumir en los siguientes:

1. Describir las **características ambientales de los embalses** objeto de estudio, **determinar el potencial ecológico** de las masas de agua y obtener datos periódicos durante un periodo temporal amplio y a lo largo de diferentes estaciones del año para tratar de establecer el estado básico de tipo dinámico que determina la Ley 23/2007 de Responsabilidad Medioambiental.
2. Comprobar la **variabilidad temporal** (estacional e interanual) de la **composición taxonómica de la comunidad de fitoplancton**.
3. **Analizar críticamente el rendimiento del Índice de Potencial Ecológico (IPE)** y en su caso, proponer mejoras.

Los objetivos 2 y 3 serán desarrollados con mayor detalle en los capítulos 6 y 7 respectivamente.

3. ÁREA DE ESTUDIO

Para la realización del presente trabajo se han analizado un total de 12 aprovechamientos hidroeléctricos ubicados dentro del ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (Tanes, Rioseco, Furacón, Priedes, Valdemurio, Valle II, Valle I, Saliencia, Somiedo, La Barca, Pilotuerto y Salime). Fundamentalmente se sitúan en la zona centro y occidental asturiana, siendo los embalses de Tanes y Rioseco los ubicados más al este, mientras que por el oeste encontramos el embalse de Salime, haciendo frontera con Galicia.

En la figura 2, se puede apreciar la localización de cada uno de los embalses objeto de estudio (se adjunta como Anexo I para mayor detalle).



Figura 2. Distribución de los embalses en el área de estudio.

3.1. MARCO GEOGRÁFICO Y MEDIO FÍSICO

3.1.1. Climatología

Atendiendo a las temperaturas, Asturias tiene un clima típicamente oceánico, donde los contrastes de temperatura son moderados, especialmente en la costa. Hacia el interior estos contrastes aumentan, tanto en los valles como en la montaña, sin llegar nunca a los extremos observables en las localidades continentales de la montaña leonesa o de la meseta. En la zona de estudio las temperaturas medias

máximas se encuentran entre los 10 °C que puede presentar Valle II y los 18 °C de Prieda y Furacón, mientras que las mínimas se sitúan entre los 2 y los 8 °C.

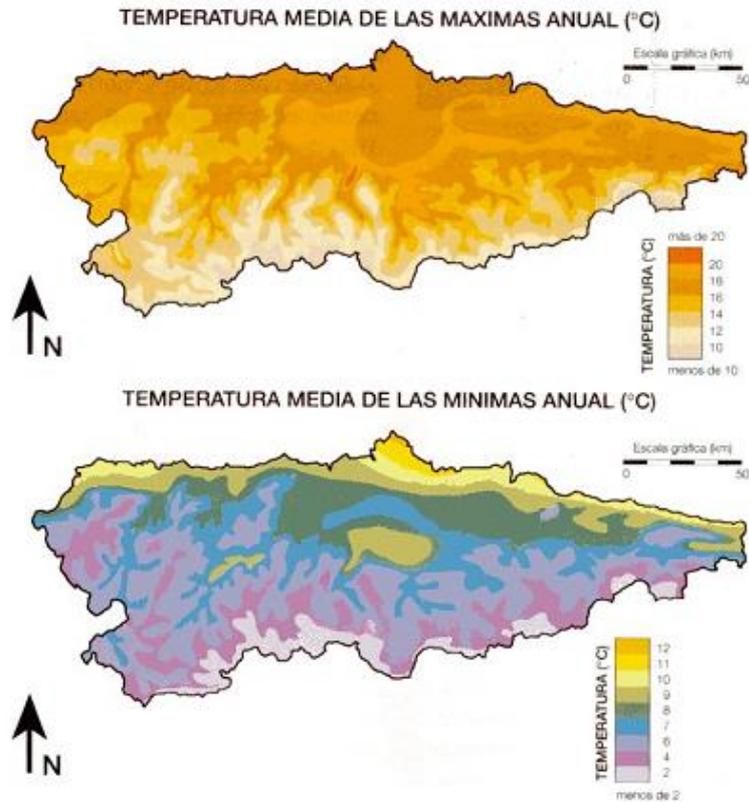


Figura 3. Distribución de las temperaturas medias de las máximas y media de las mínimas en Asturias. Fuente: Felicísimo 1980, 1990.

En el mapa de precipitaciones medias anuales de Asturias (Felicísimo 1980, 1990), se advierte una variación anual de entre 900 y 2000 l/m²; observándose una estrecha relación entre la precipitación y la altitud, de forma que los mínimos se registran en la costa y los máximos en las zonas de montaña. En la zona de estudio los valores están comprendidos entre los más de 1.900 l/m² del Valle II hasta los 1.000 l/m² de Prieda y Furacón. Si bien este aspecto debe ser considerado a nivel de cuenca hidrográfica para cada río, siendo en este caso, similares para las cuencas de los ríos Navia y Narcea; ligeramente inferior (1.100-1.300 l/m²) para la cuenca del Nalón y entre 1.000-1.100 l/m² en el caso del Nora.

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua: variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta para embalses del norte de España.

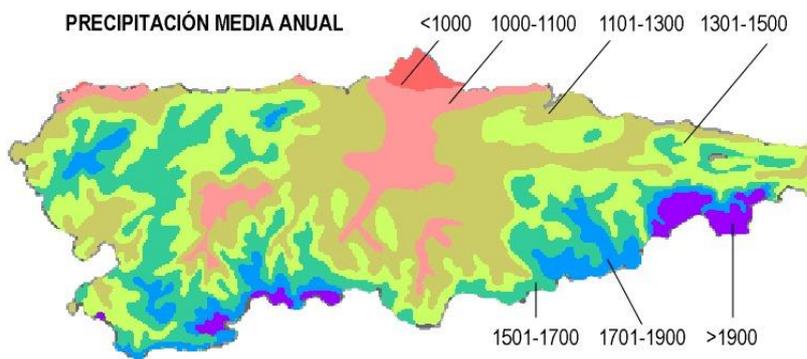


Figura 4. Distribución de las precipitaciones medias anuales en Asturias. Fuente: Felicísimo 1980, 1990

En relación con la altitud, las características particulares de la Cornisa Cantábrica, con ríos cortos y caudalosos rodeados de altas montañas, implica que los aprovechamientos hidroeléctricos con embalses, por lo general, se ubiquen en zonas que no presentan una gran altitud. Así, la distribución por alturas de los mismos oscila entre los 80 msnm de Priañes o Furacón y los 617 msnm de Somiedo y Saliencia. Si bien, en el caso particular de Valle I y Valle II, la altitud se sitúa en 1.192 msnm y 1.557 msnm respectivamente.

3.1.2. Biogeografía y bioclimatología

La zona objeto de estudio, de acuerdo con el mapa fitogeográfico presentado en Fernández Prieto et al. (1987), queda encuadrada en las unidades que se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4. Caracterización biogeográfica de los embalses de la zona de estudio.

Región Eurosiberiana			
Provincia Cantabroatlántica		Provincia Orocantábrica	
Sector Galaico-Asturiano		Sector Laciano-Ancarense	
Sector Ubiñense-Pico Europeo		Sector Ubiñense	
Subsector Ovetense	Subsector Laciano. Narceense	Subsector Naviano-Anacerense	Subsector Ubiñense
Embalses por subsectores			
Priañes Furacón	Pilotuerto La Barca	Salime	Rioseco Tanes Valdemurio Somiedo Saliencia Valle I Valle II



Figura 5. Sectorización biogeográfica de Asturias. Fuente: Sistema de Información Ambiental del Principado de Asturias (SIAPA)

Tal y como puede observarse en la Tabla 5, teniendo en cuenta los criterios bioclimáticos expuestos en Rivas Martínez et al. (1987), y considerando los datos aportados por las estaciones más próximas a los embalses: Oviedo, Valle de Somiedo y San Martín de Oscos, la zona de estudio se incluye en los pisos bioclimáticos mesotemplado y colino. Debido a la bondad del clima, éstos son los territorios cuya cubierta vegetal ha sufrido una intensa transformación desde tiempos remotos. En ellas se encuentran la inmensa mayoría de las poblaciones estables y las áreas industriales, así como las tierras de labor, prados, cultivos frutícolas y forestales.

Tabla 5. Datos bioclimáticos de la zona de estudio. Fuente: AEFA, (1994).

Estación	Altitud	T(°C)	M(°C)	m(°C)	It	P(l/m²)	Piso bioclimático	Ombroclima
Oviedo	260	12,5	11,3	3,1	269	963	Mesotemplado	Húmedo inferior
Valle de Somiedo	1240	7,8	6,0	-0,7	121	1.376	Mesotemplado	Húmedo superior
San Martín de Oscos	260	12,4	11,3	3,1	269	963	Colino	Húmedo

T: Temperatura media anual, M: Temperatura media de las máximas del mes más frío, m: Temperatura media de las mínimas del mes más frío, It: Índice de termicidad $(T+M+m)*10$, P: Precipitación media anual.

En el aspecto pluviométrico, el territorio considerado cuenta con ombroclimas de tipo húmedo y húmedo superior e inferior.

Como se aprecia en las líneas de tendencia de la Figura 6, a lo largo del periodo 2012-2017, las precipitaciones han disminuido en las estaciones meteorológicas más cercanas a los embalses, salvo en el caso de Salime (GR) en el que han aumentado y La Barca (BA) en el que se han mantenido constantes. Se puede apreciar también cómo la época de lluvias tiende a concentrarse en intervalos más cortos de tiempo.

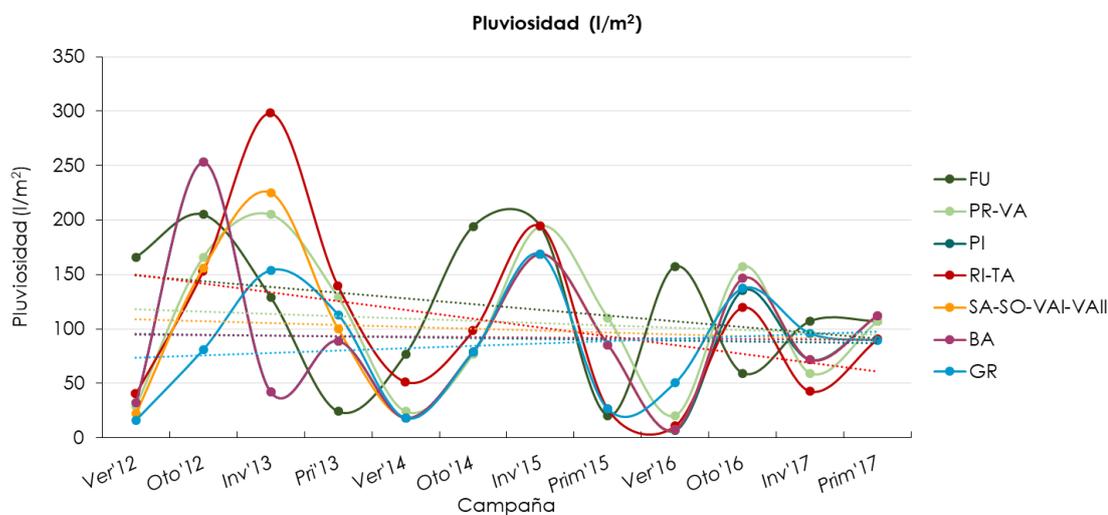


Figura 6. Precipitaciones anuales durante el periodo 2012-2017 y líneas de tendencia.

3.1.3. Geología y geomorfología

Desde el punto de vista geológico, los embalses objeto de estudio se ubican fundamentalmente en dos grandes zonas: Salime, La Barca, Pilotuerto y los embalses de Somiedo (Somiedo, Saliencia, Valle I y Valle II) en la zona Asturoccidental Leonesa, mientras que Priañes, Furacón, Valdemurio, Tanes y Riaseco se localizan en la zona Cantábrica (ver Figura 7).

La característica geológica más destacada de estas unidades fluviales, es la extraordinaria diversidad de la naturaleza de las rocas del sustrato y en consecuencia, de la cubierta edáfica.

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua:
variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre
el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta
para embalses del norte de España.

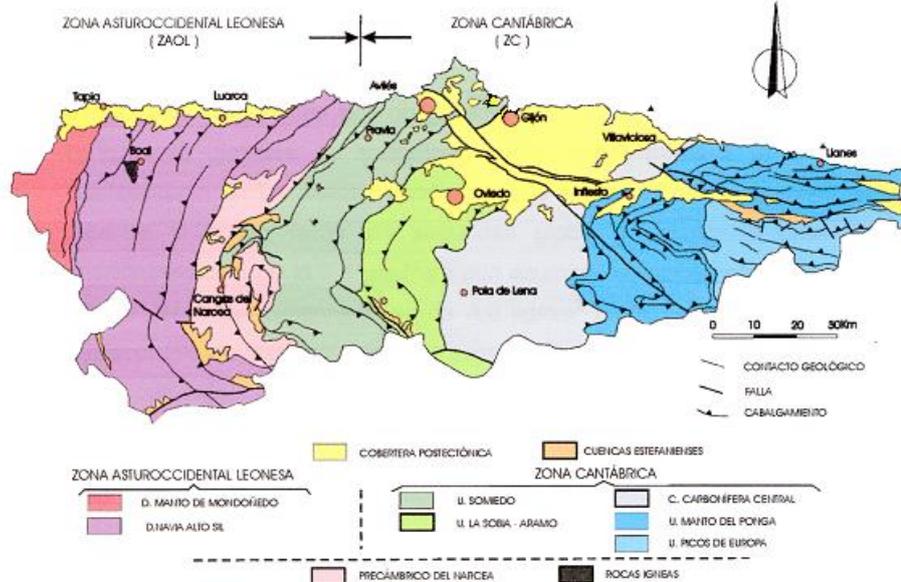


Figura 7. Zonación geológica de Asturias. Fuente: SIAPA – Sistema de Información Ambiental del Principado de Asturias

En relación con la geomorfología, los embalses de este trabajo se localizan fundamentalmente sobre las Unidades Pluviales occidental y oriental, si bien Valle Il lo hace sobre la unidad Glaciar (ver Figura 8).

Los cauces fluviales, discurren por valles cuya morfología depende en gran medida de las rocas que atraviesan. Son frecuentes los desfiladeros y los escarpes rocosos, presentando el relieve una mayor intensidad. Cabe destacar en cuanto al relieve los meandros encajados con sus llanuras aluviales en los cursos bajos de los ríos y las abundantes evidencias de los procesos de inestabilidad de las laderas.



Figura 8. Unidades Geomorfológicas de Asturias. Fuente: Red Ambiental de Asturias

3.1.4. Usos del suelo y espacios protegidos

Otro aspecto a destacar en cuanto a la ubicación de los embalses, es la presencia de espacios protegidos. El 83 % de los embalses objeto de estudio se encuentran en zonas protegidas por alguna figura de protección. En la Tabla 6 se indican las figuras de protección que afectan a cada embalse y en la Figura 9 se representa la distribución de los embalses sobre dichos espacios protegidos.

Tabla 6. Figuras de protección que afectan a los embalses objeto de estudio.

Embalses	Figuras de protección
Tanes y Rioseco	Parque Natural de Redes. Reserva de la Biosfera. Zona Especial Conservación. Red Natura 2000
Furacón	Zona de Especial Conservación. Red Natural 2000
Priañes	Monumento Natural y ZEC de los Meandros del Nora. Red Natura 2000.
Valdemurio	Parque Natural de Las Ubiñas-La Mesa Zona Especial Conservación. Red Natura 2000
Saliencia, Somiedo, Valle I y Valle II	Parque Natural de Somiedo Reserva de la Biosfera Zona Especial Conservación. Red Natura 2000.
Pilotuerto, La Barca	--
Salime	Reserva de la Biosfera Zona Especial Conservación. Red Natura 2000

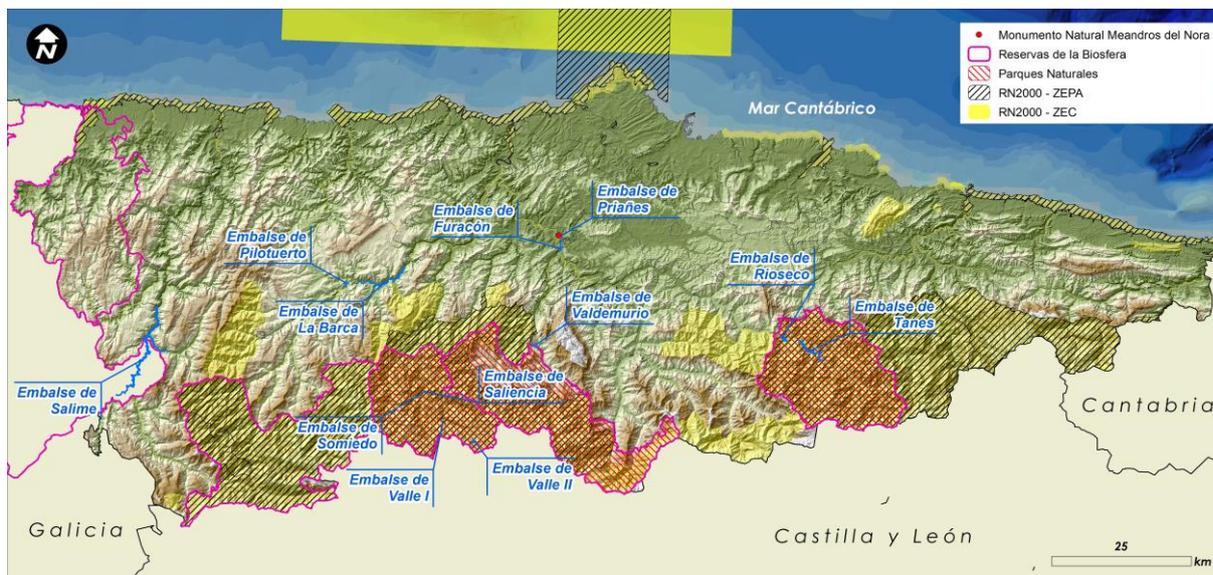


Figura 9. Distribución de los embalses objeto de estudio y espacios protegidos.

Esta ubicación en zonas que presentan una alta protección medioambiental implica que, en casi todos los aprovechamientos, las características socioeconómicas del entorno son muy similares. Por lo general, se trata de zonas sin

grandes presiones industriales o urbanas debidas a grandes ciudades. Fundamentalmente se localizan en cuencas altas o medias de los principales ríos asturianos (Nalón, Narcea y Navia) y las cuencas vertientes se caracterizan por los aprovechamientos agrícolas y ganaderos de tipo tradicional, no intensivo.

3.2. TIPOLOGÍAS DE EMBALSES SEGÚN SUSTRATO Y CARACTERÍSTICAS HIDROMORFOLÓGICAS

A la hora de determinar la calidad del agua, no todas las masas de agua pueden seguir los mismos criterios ya que presentan diferentes características físicas y químicas; y estas determinan la estructura y composición de las comunidades biológicas (Wallin, 2003).

La DMA, en su Artículo 5 y Anexo II, establece varios factores con los que se deben clasificar las masas de agua en diferentes tipologías. En el caso de los embalses, atendiendo a la orden ARM/2656/2008 por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica, se diferencian 13 tipologías que se encuentran definidas por las siguientes variables:

- Régimen de mezcla: se refiere a la estratificación térmica. Se diferencian Monomítico (con un periodo de estratificación) y Dimítico (con dos periodos de estratificación).
- Alcalinidad: mide el grado de mineralización del agua. El valor límite 1 meq/L caracteriza los embalses como Silíceos o Calcáreos.
- Índice de humedad (IH): está definido como el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial de Penman.
- Área de la cuenca: la superficie de la cuenca vertiente al embalse.
- Temperatura media anual del aire (en °C), calculada para el periodo 1940-1995.
- Altitud: cota máxima sobre el nivel del mar de la lámina de agua.

Es la alcalinidad del agua la responsable del primer nivel de clasificación en tipologías y este aspecto deriva directamente de la geología y litología que presenta el área de estudio. Todos los aprovechamientos hidroeléctricos se ubican sobre sustratos calizos, a excepción de Salime, La Barca y Pilotuerto. Los datos de alcalinidad medidos en estos embalses, permiten clasificarlos como silíceos. Las tipologías en las que podemos clasificar los embalses son las indicadas en la Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación por tipologías de los embalses estudiados según la Orden ARM/2656/2008.

Régimen de Mezcla	Geología	Índice de Humedad (IH)	Área de Cuenca	Tª Media Anual	Altitud	Tipo	Embalses
MONOMÍCTICOS	SILÍCEOS Alcalinidad estimada < 1meq/L	ZONA HÚMEDA IH > 0,75	Red Principal Área >1.000 km ²			3	La Barca Salime Pilotuerto
	CALCÁREOS Alcalinidad estimada > 1meq/L	ZONA HÚMEDA IH > 0,75	Cabecera y Tramos Altos Área < 1000 km ²	Tª < 15°C		7	Priáñez, Valdemurio, Rioseco, Tanes, Saliencia, Somiedo, Valle I
			Red Principal Área >1000 km ²			9	Furacón
DIMÍCTICOS		IH > 2			>1.400 m en Pirineos >1.500 en Cordillera Cantábrica >1.600 en Sistema Central	13	Valle II

Las 12 masas de agua estudiadas se han clasificado en 4 tipologías diferentes ateniendo a razones de régimen de mezcla, geología, climatología (humedad, temperatura), área de la cuenca y altitud. Las tipologías en las que se engloban los embalses en estudio son:

- Tipología 3 : Monomíctico, silíceo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal
- Tipología 7 Monomíctico, calcáreo de zonas húmedas, con temperatura media anual menor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos
- Tipología 9 Monomíctico, calcáreo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal
- Tipología 13 Dimíctico

La tipología que agrupa un mayor número de embalses es la 7 (59%), seguido de la 3 (25%). El resto de tipologías solo están representadas por un único embalse (8%) (ver Figura 10).

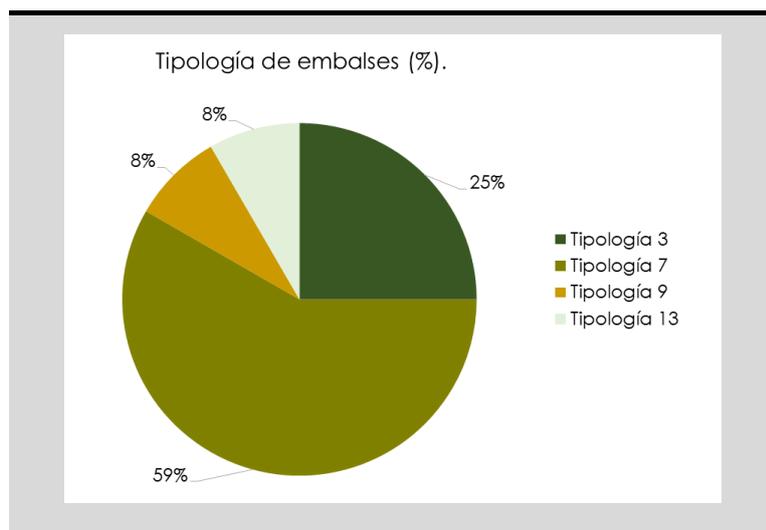


Figura 10. Porcentaje de los embalses estudiados en función de su tipología.

La Tabla 8 muestra las características morfométricas de cada uno de los embalses. Desde un punto de vista hidromorfológico, los embalses objeto de estudio presentan diferencias en cuanto a su altitud, volumen, superficie, profundidad o área de la cuenca vertiente. En las Figuras 12 -15, se representan estos aspectos para ayudar a crear una imagen general del escenario de partida.

Tabla 8. Características morfométricas de los embalses estudiados.

Tipología	Nombre	Área de cuenca (Km ²)	Altitud (m)	Superficie (ha)	Capacidad (hm ³)	Profundidad máxima (m)
3	La Barca	1.266	214	200	33,15	73,5
	Pilotuerto	1.005	248	18,4	0,75	19
	Salime	1.805	226	685	265,6	128
7	Priañes	340	79	35,17	1,91	27
	Rioseco	337	383	63	3,72	28,5
	Saliencia	62	617	0,3	0,02	20
	Somiedo	82	616	0,29	0,019	24
	Tanes	271	495	159	33,27	95
	Valdemurio	198	332	22,49	1,43	40,15
	Valle I	39	1.192	1,8	0,04	10
9	Furacón	2.180	80	19	0,52	14
13	Valle II	8,5	1.557	23,7	3,1	16

- Altitud (msnm): Se observa un gradiente altitudinal partiendo de la tipología 13 (cabeceras montañosas) y 7 (cabeceras de tramos altos) al tipo 3 y 9 pertenecientes a tramos medios de la red principal. Por lo que, la altitud parece ser una variable decisiva en la clasificación de las diferentes tipologías. Además, existirá una relación entre la altitud y diferentes condiciones climáticas del embalse como temperatura, régimen de mezcla, índice de humedad, etc. Por lo tanto, a priori, la altitud debería tener influencia en la dinámica estacional de las variables fisicoquímicas y biológicas del embalse.

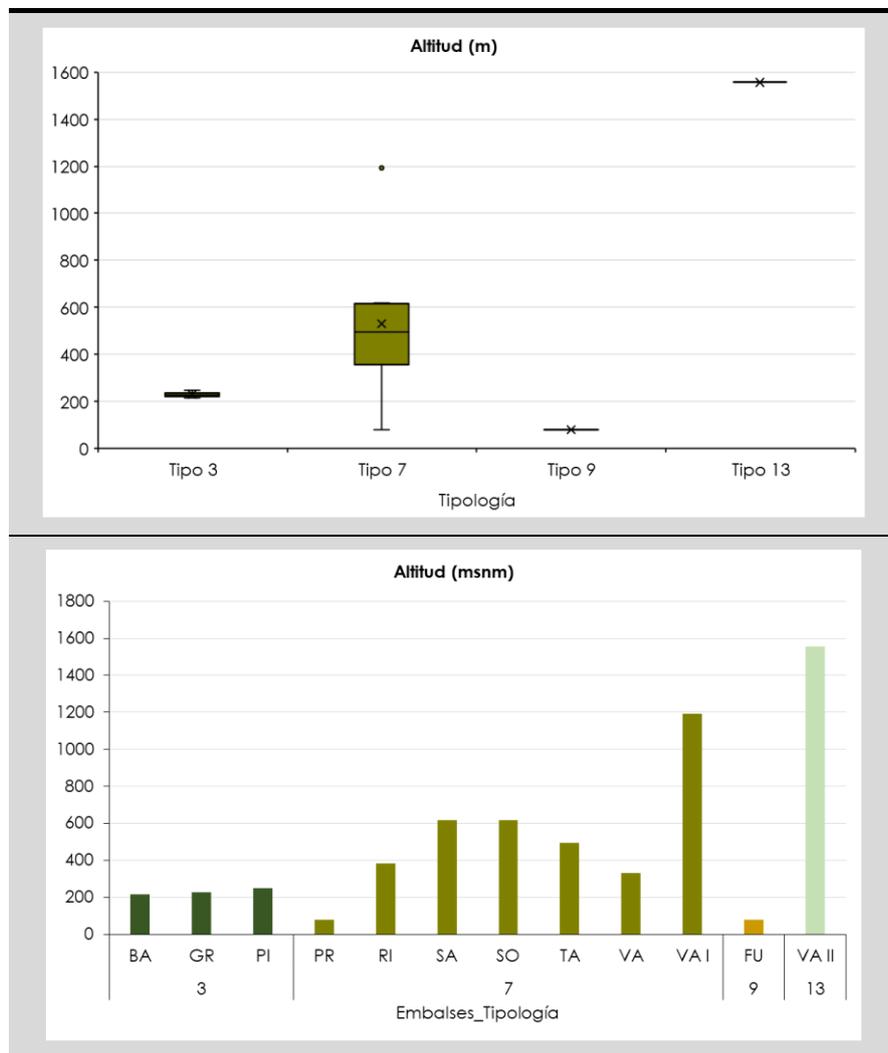


Figura 11. Altitud (metros sobre el nivel del mar) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada embalse (parte inferior) del estudio.

- Capacidad (hm^3): Las masas de agua presentan capacidades variables, con volúmenes inferiores a 1 hm^3 en el 41,7% mientras que un 33,3 % posee una capacidad entre 1 y 4 hm^3 y un 16,7% volúmenes en torno a 33 hm^3 . La capacidad máxima pertenece al embalse de Salime con un volumen de $265,6 \text{ hm}^3$.

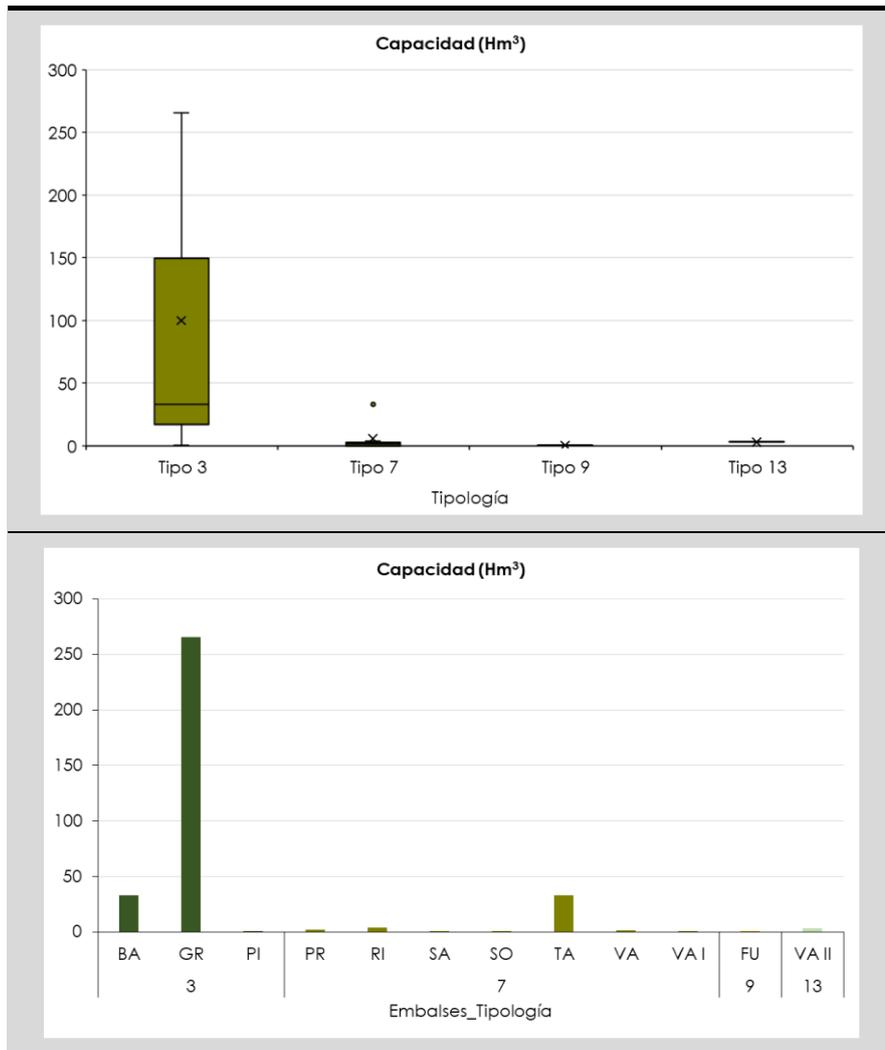


Figura 12. Capacidad (volumen; hm^3) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada embalse (parte inferior) del estudio.

- Superficie: Se observa una gran variabilidad en cuanto a la superficie de los embalses, con un rango que oscila entre las 0,29 ha del embalse de Somiedo y 0,30 ha del embalse de Saliencia hasta las 685 ha del embalse de Salime y las 200 ha del embalse de La Barca.

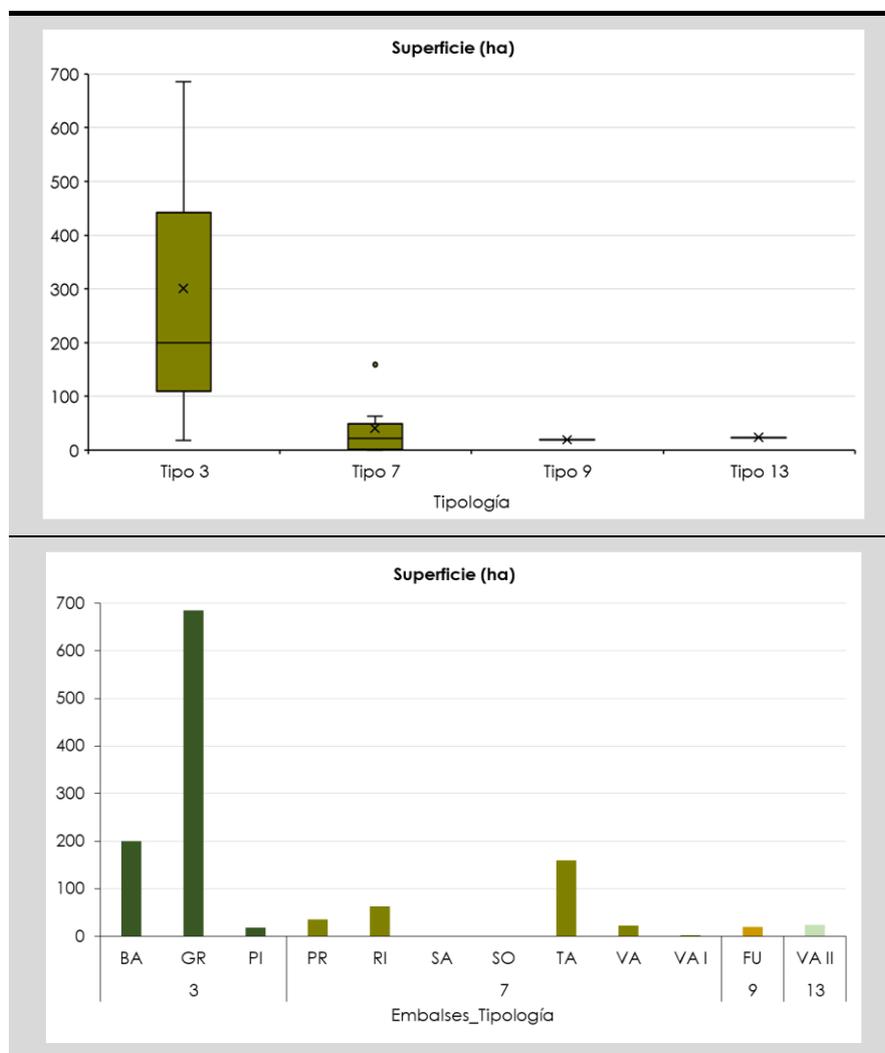


Figura 13. Superficie (ha) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada embalse (parte inferior) del estudio.

- Profundidad máxima: Los embalses estudiados oscilan desde una profundidad mínima de 10 m en Valle I a 128 m en el embalse de Salime. Así el 33,3% de los embalses poseen una profundidad comprendida entre los 10-20 m, el 33,3% entre 20-30m, el 8,3% entre 30-50, el 16,7% entre 50-100 m y superior a 100 m el 8,3%.

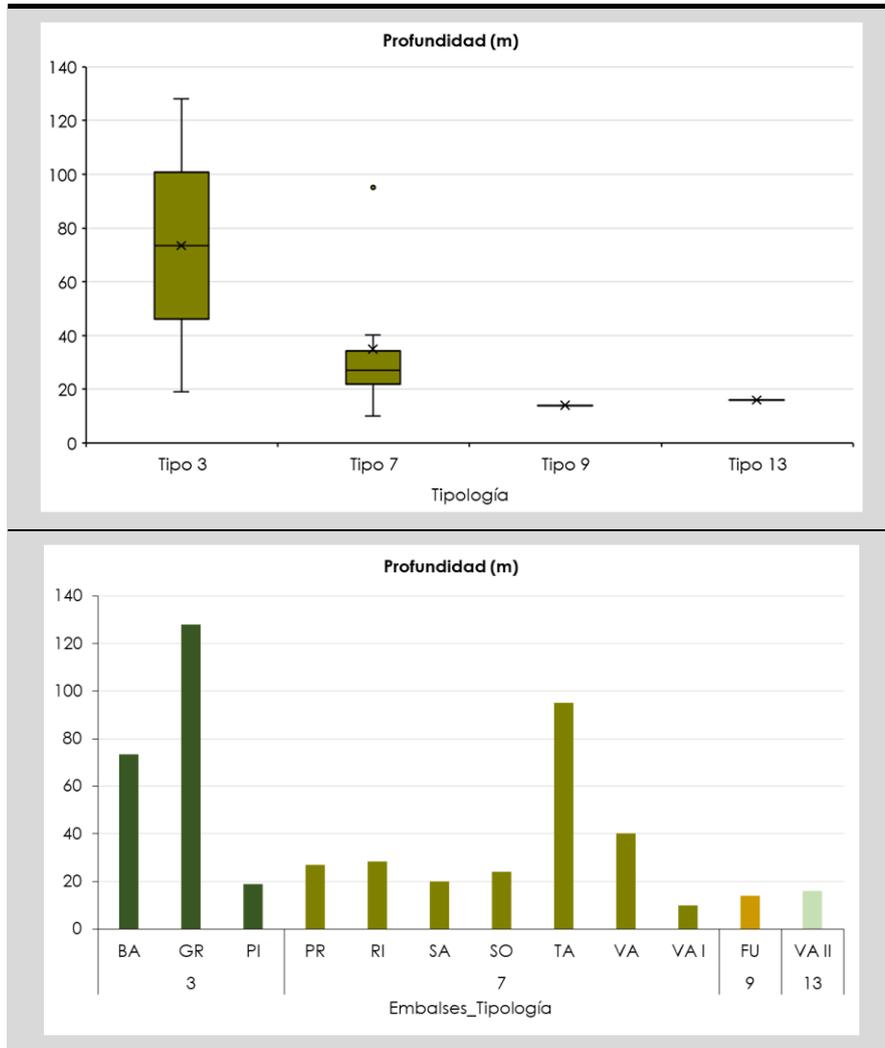


Figura 14. Profundidad máxima (m) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada (parte inferior) del estudio.

- Área de cuenca: Los embalses estudiados reciben aportaciones desde cuencas vertientes con extensiones muy variables, siendo para todos ellos la cuenca vertiente perteneciente a la cuenca del Cantábrico Occidental. El rango de áreas de cuenca oscila desde los 8,5 km² del embalse de Valle II, hasta los 2.180 del embalse de Furacón. De los embalses estudiados, un 33,3% posee cuencas superiores a 1.000 km², un 33,3% entre 100 y 1000 km², un 25% entre 10 y 100 km² y un 8,3% con un área de cuenca inferior a 10 km².

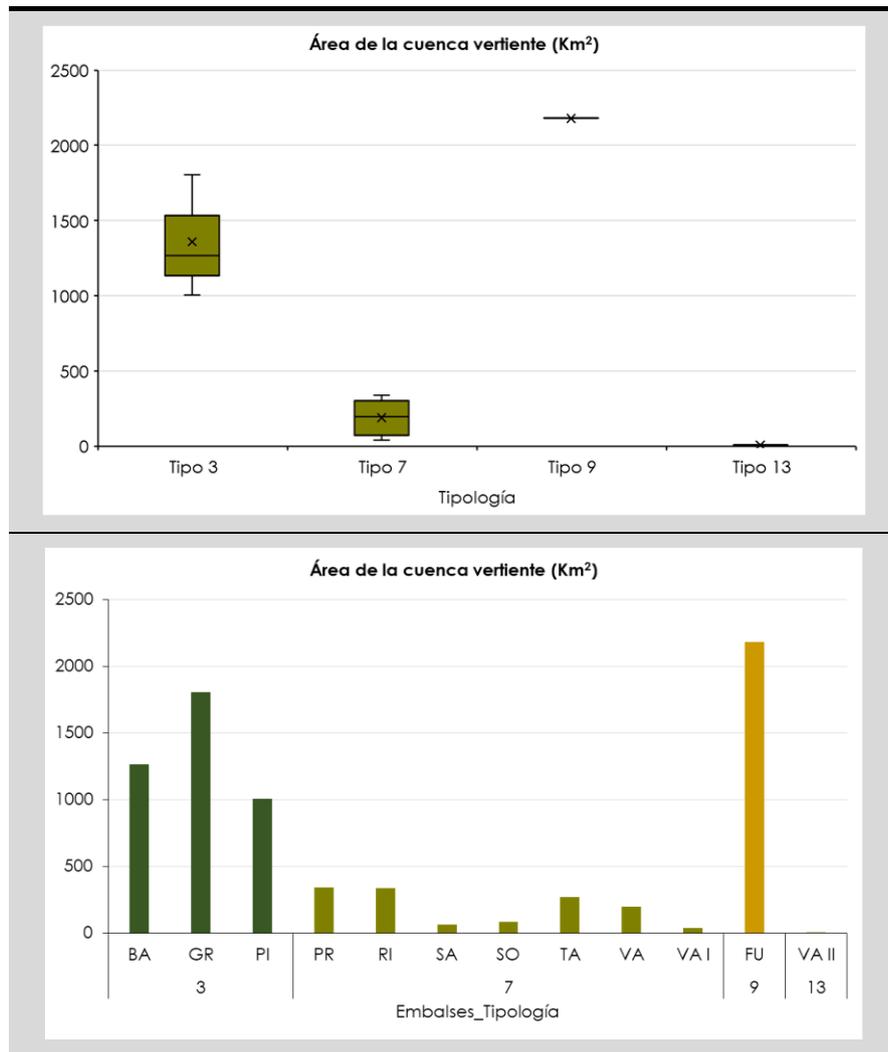


Figura 15. Área de la cuenca vertiente (Km²) para las diferentes tipologías de embalses (parte superior) y para cada (parte inferior) del estudio.

4. METODOLOGÍA

La propuesta metodológica para llevar a cabo el seguimiento ambiental del Potencial Ecológico y Estado Trófico de los 12 embalses, se basa en los criterios y exigencias establecidos en la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE (en adelante DMA), que en su momento consideró el RD 907/2007 por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica (RPH) y la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), siendo desarrollados de forma específica en el Plan Hidrológico del Cantábrico Occidental (aprobado por R.D. 399/2013, de 7 de junio y hoy derogado).

Actualmente, las métricas y condiciones de referencia así como los elementos a monitorizar para la determinación del estado de una masa de agua han sido establecidas por el **Real Decreto 817/2015**, de 11 de diciembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, así como el **Real Decreto 1/2016**, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tago, Guadiana y Ebro; La entrada en vigor de la citada normativa durante la realización del presente trabajo, ha supuesto la necesidad de realizar una **revisión retroactiva** de las métricas utilizadas, de sus condiciones de referencia y de los valores de corte para la catalogación de los potenciales ecológicos.

Para el seguimiento de las masas de agua muy modificadas asimilables a lagos (embalses) se ha tomado como base principal el *Protocolo de muestreo de fitoplancton para lagos y embalses (M-LE-FP-2013)* establecido por la Dirección General de Agua del Ministerio para la Transición Ecológica, así como el *Protocolo de Análisis y Cálculo de Métricas de Fitoplancton en Lagos y Embalses (MFIT-2013. Versión 2)*. Ver (MAGRAMA, 2013a; MAGRAMA, 2013b).

En los apartados siguientes se describirá la metodología detallada para la determinación del potencial ecológico y del estado trófico, comenzando por la forma en la que se realizó la planificación de los trabajos.

4.1. PLANIFICACIÓN

El presente trabajo se planificó en diferentes fases, de acuerdo a los objetivos propuestos. Así, podemos definir una **1ª Fase** en la que se realizó una revisión bibliográfica para establecer la mejor forma de abordar el seguimiento ambiental del estado de una masa de agua tipo embalse y determinar los datos más importantes que sería necesario obtener para poder hacer una correcta evaluación.

Una vez definida la metodología de trabajo, se inició la **2ª Fase**, donde se planificaron los muestreos. Esta fase dependía específicamente de los recursos disponibles, por lo que se plantearon dos muestreos al año en distintas estaciones, variando las estaciones durante el siguiente año de forma que en un periodo de muestreos de 2 años, se contase con muestras de las cuatro estaciones (primavera, verano, otoño e invierno).

La **3ª Fase** se corresponde con el trabajo de campo. Debido a que el trabajo que aquí se presenta se enmarca dentro de otro más amplio de seguimiento general del estado y potencial ecológico de los embalses y sus ríos tributarios y receptores, con un horizonte temporal indefinido actualmente, podemos decir que la fase de campo continúa y cada año que pasa disponemos de nuevas series de datos correspondientes a dos muestreos estacionales.

No obstante lo anterior, desde la perspectiva del trabajo que aquí se presenta, consideraremos que esta fase ha durado 4 años (2012-2015, que suponen 8 campañas de muestreo), si bien cabe señalar que para algunos capítulos de este trabajo y ante la posibilidad de disponer de más datos que afianzasen las conclusiones, se ha empleado una serie de 6 años (2012-2017), que implican un total de 12 campañas de muestreo.

En la Tabla 9, se presenta una relación de las campañas realizadas y las épocas de muestreo.

Tabla 9. Relación de campañas realizadas.

Campaña	Fechas de Muestreo		Estación
Campaña 1ª	Julio-Agosto	2012	Verano
Campaña 2ª	Noviembre	2012	Otoño
Campaña 3ª	Febrero-Marzo	2013	Invierno
Campaña 4ª	Junio	2013	Primavera
Campaña 5ª	Julio-Agosto	2014	Verano
Campaña 6ª	Octubre	2014	Otoño
Campaña 7ª	Febrero-Marzo	2015	Invierno
Campaña 8ª	Mayo-Junio	2015	Primavera
Campaña 9ª	Julio-Agosto	2016	Verano
Campaña 10ª	Noviembre-Diciembre	2016	Otoño
Campaña 11ª	Marzo	2017	Invierno
Campaña 12ª	Mayo-Junio	2017	Primavera

La **4ª Fase** es aquella que implica la obtención de resultados y por tanto el análisis taxonómico, el cálculo de métricas y la determinación de los índices de potencial ecológico y estado trófico. Esta fase comenzó en el momento en el que finalizó el primero de los muestreos y al igual que la Fase 3ª, podemos decir que sigue en marcha, lo que ha permitido poder ampliar el volumen de datos con los que se pretendía contar en un inicio, ya que a raíz de la solicitud de prórrogas temporales para presentar este trabajo, nuevos datos han estado disponibles y se han podido incorporar.

Finalmente, la **5ª Fase** correspondería con aquella en la que se analizan los datos y los resultados y se obtienen conclusiones, se plantean los problemas y se proponen alternativas y mejoras. Como veremos en el presente trabajo, se plantean dos capítulos específicos que surgen tras el análisis de los resultados de la caracterización de los embalses y que tratan específicamente aspectos referidos a la variabilidad de la comunidad de fitoplancton y a las particularidades que presenta el índice de potencial ecológico (IPE).

4.2. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

El desarrollo del procedimiento de muestreo sigue de forma rigurosa los pasos establecidos en el *Protocolo de muestreo de fitoplancton para lagos y embalses*

(M-LE-FP-2013) establecido por la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica.

4.2.1. Selección del punto de muestreo

Cada masa de agua consta de un solo punto de muestreo en el que se realiza un perfil vertical, pudiendo fijarse más de uno en función de la morfometría de la masa de agua o de sus criterios de gestión. Siempre se seleccionará un punto de muestreo localizado en la vertical de la parte más profunda de la masa de agua y se evitarán las muestras en los bordes, a no ser que sean complementarias a este punto.

Asimismo la localización del punto de muestreo debe situarse lo suficientemente alejado de la presa para evitar resultados anómalos, consecuencia del funcionamiento ordinario de esta.

En cada punto de muestreo se realiza un perfil vertical para determinar los siguientes parámetros:

- ⊙ Temperatura del agua (°C)
- ⊙ Conductividad eléctrica a 20°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- ⊙ Oxígeno disuelto en concentración ($\text{mg O}_2/\text{l}$) y en saturación ($\%\text{O}_2 \text{ sat.}$)
- ⊙ pH

En cada punto también se debe determinar la profundidad del disco de Secchi y tomar una muestra integrada de la columna de agua, analizándose en ella los siguientes parámetros:

- ⊙ Concentración de clorofila a
- ⊙ Identificación, recuento y determinación del biovolumen de fitoplancton
- ⊙ Fósforo total ($\text{mg P}/\text{l}$)
- ⊙ Nitrógeno total ($\text{mg N}/\text{l}$)
- ⊙ Fosfatos ($\text{mg PO}_4/\text{l}$)
- ⊙ Amonio total ($\text{mg NH}_4/\text{l}$)
- ⊙ Nitratos ($\text{mg NO}_3/\text{l}$)
- ⊙ Nitritos ($\text{mg NO}_2/\text{l}$)
- ⊙ Silicatos ($\text{mg SiO}_2/\text{l}$)
- ⊙ Alcalinidad ($\text{mg CaCO}_3/\text{l}$)

Las muestras para los análisis de fosfatos, nitratos y amonio total serán filtradas a través de un filtro de microfibra de vidrio.

Todos los parámetros y muestras recogidas para el cálculo de los índices deben tomarse en un mismo punto de muestreo.

Adicionalmente, se tomará una muestra cualitativa de fitoplancton mediante una red arrastrada de forma horizontal durante un periodo de 5 min, hasta conseguir un filtrado visible.

4.2.2. Procedimiento de muestreo

4.2.2.1. *Transparencia y determinación de la zona fótica*

En primer lugar se procede a medir la transparencia de la masa de agua mediante la profundidad de disco de Secchi. Una vez medida se determina el espesor de la zona fótica considerándola como 2,5 veces la profundidad de visión del disco de Secchi.

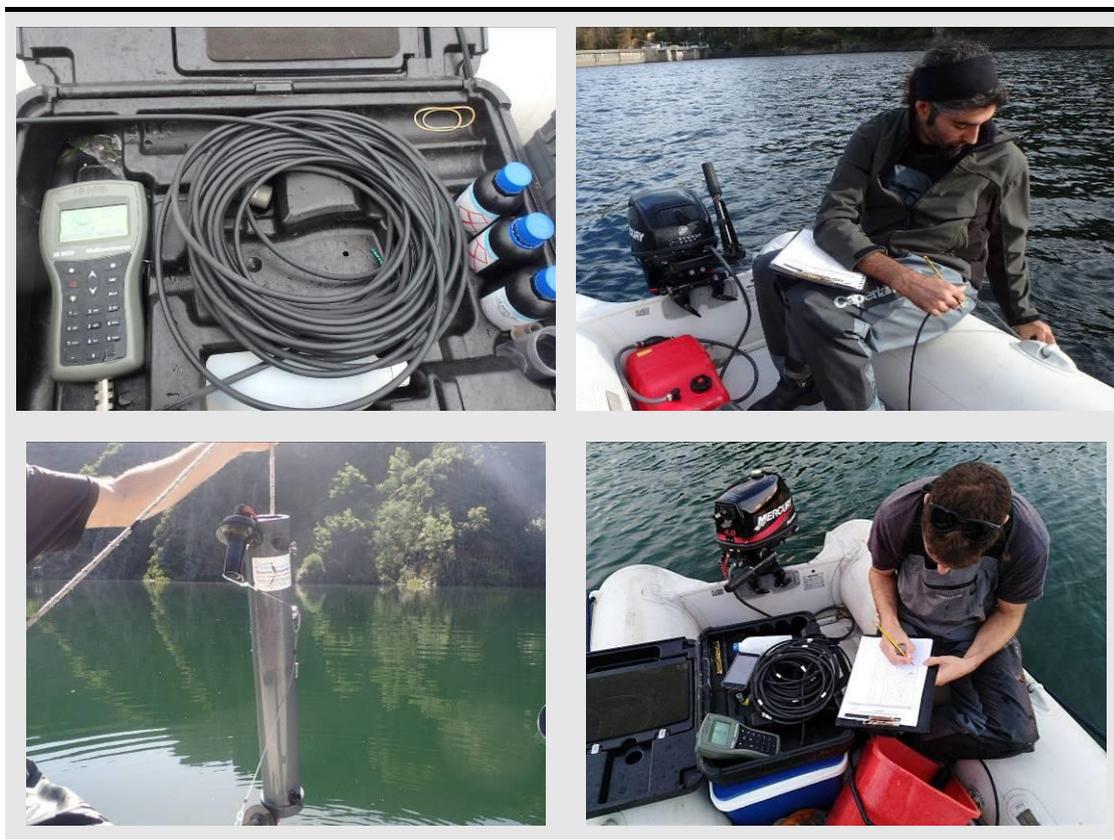


Figuras 16 y 17. Procedimiento de determinación de la transparencia.

4.2.2.2. *Perfil físico-químico de la columna de agua*

Mediante una sonda multiparamétrica se van tomando medidas a lo largo de toda la columna de agua, anotando los valores en la ficha correspondiente. La frecuencia de las medidas será: cada metro en perfiles de profundidad igual o superior a 10 m, y cada medio metro en aquellos con una profundidad inferior a la indicada. Durante la realización del perfil vertical se determinará dónde se encuentra la termoclina y, por tanto, si la masa de agua se encuentra estratificada o no.

La medición de estos parámetros se realizará sumergiendo la sonda hasta un máximo de 20 m de profundidad, tomándose a partir de ésta muestras discretas mediante botella hidrográfica para preservar la integridad de la sonda.



Figuras 18 a 21. Perfil físico-químico de la columna de agua y material utilizado.

4.2.2.3. Análisis cuantitativo del fitoplancton

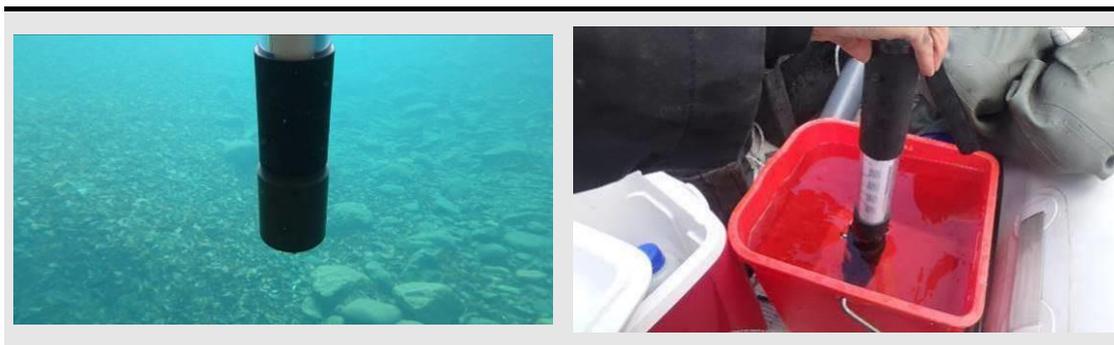
Tras haber determinado correctamente la profundidad de disco de Secchi y la situación de la termoclina en la columna de agua se procede a la toma de muestras para el análisis cuantitativo de las comunidades fitoplanctónicas. El procedimiento específico coincide con lo descrito en el apartado 4.2.2.4.

4.2.2.4. Análisis de Pigmentos Fotosintéticos (Clorofila a)

Se toma una muestra integrada de la columna de agua desde la superficie hasta la profundidad correspondiente a 2,5 veces la profundidad de disco de Secchi. En caso de que la profundidad de la masa de agua sea inferior a este cálculo, la muestra integrará toda la columna de agua hasta una distancia de 20-30 cm del fondo para evitar acercarse demasiado a los sedimentos. Para la obtención de

esta muestra integrada se toman seis submuestras de agua mediante una botella hidrográfica niskin que serán homogeneizadas en un recipiente adecuado. Estas seis submuestras deben repartirse equidistantemente a lo largo de la zona fótica.

Una vez obtenida y homogeneizada la muestra, se procede a la medición de la clorofila-a del volumen recogido mediante el fluorómetro *Algaetorch* recogiendo los valores obtenidos para la concentración de clorofila-a y cianobacterias.



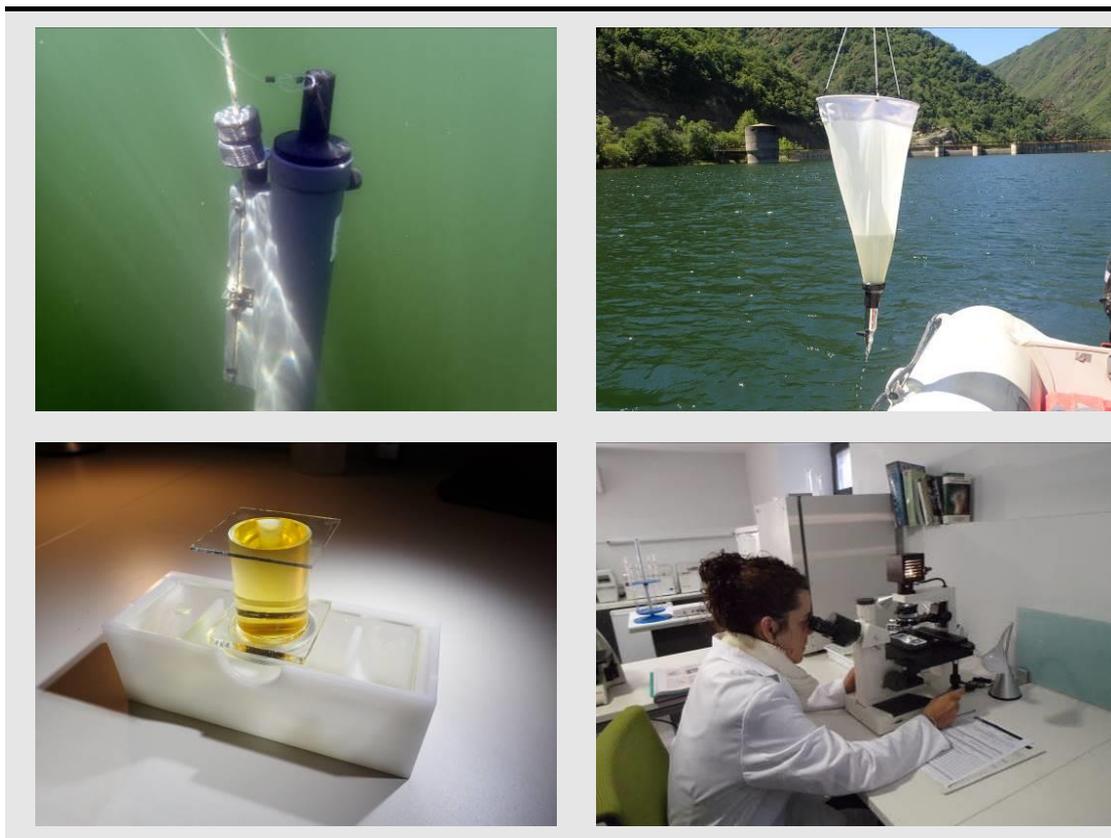
Figuras 22 y 23. Medición de clorofila-a mediante *Algaetorch*.

4.2.2.5. Identificación, recuento y determinación de biovolúmenes de fitoplancton

El proceso de obtención de la muestra integrada de la columna de agua es idéntico al del apartado anterior, por lo que tras obtener una muestra homogeneizada se recoge un volumen de 250 ml en un recipiente traslúcido de vidrio de color ámbar.

La muestra se fija con 2,5 ml de lugol y se conserva la muestra en un lugar fresco y a oscuras, ya que el lugol se degrada por foto-oxidación.

El proceso de identificación, recuento y determinación se realiza en laboratorio mediante un microscopio invertido siguiendo el protocolo indicado por la norma UNE-EN-15204-2007 y la técnica descrita por Utermöhl (1958) o Edler & Elbrächter (2010).



Figuras 24 a 27. Material utilizado para la recogida y análisis de fitoplancton.

4.2.2.6. Análisis Cualitativo de las Comunidades de Fitoplancton

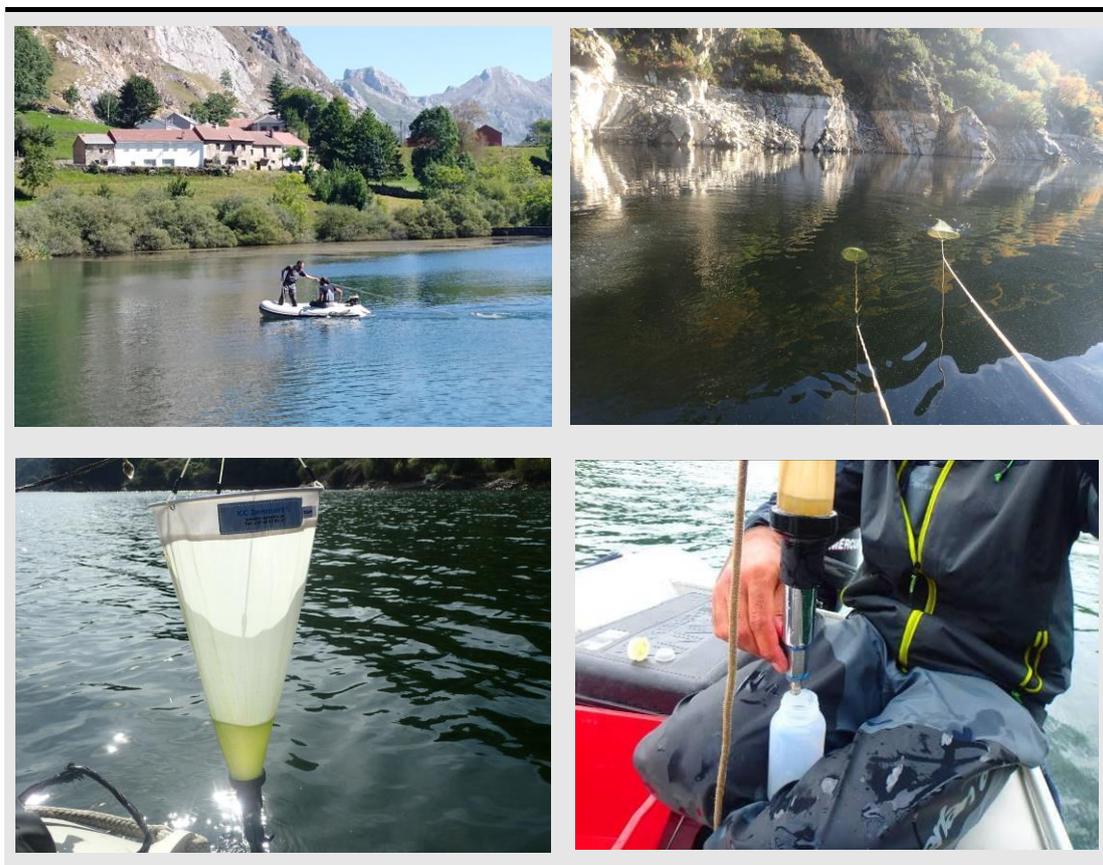
Tras realizar todo el proceso en la columna de agua se procede a la toma de la muestra para el análisis cualitativo de las comunidades de fitoplancton.

Para la obtención de la muestra se utiliza una manga de plancton, de 20 μm de luz de malla para el muestreo de fitoplancton, que será arrastrada de manera horizontal por un periodo de tiempo no inferior a 5 minutos hasta conseguir un filtrado visible.

El volumen que haya quedado retenido dentro de la manga se recoge en un vial de PVC lavándose de forma repetida hasta obtener unos 125 ml de muestra. Se fija entonces con 12,5 ml de formol comercial al 40% y se almacenan las muestras en un lugar fresco y en oscuridad, para su posterior procesado en laboratorio.

La identificación de las muestras se realizará en laboratorio mediante un microscopio invertido siguiendo los protocolos fijados para los anteriores análisis. El objetivo que se pretende con la obtención de esta muestra es el de ampliar el inventario de taxones para poder establecer una comparación con la muestra

cuantitativa y por otro lado proporcionar material adicional para la identificación de taxones de dicha muestra.



Figuras 28 a 31. Material utilizado para la recogida y análisis de fitoplancton.

4.2.2.7. Toma de muestras y análisis in situ de nutrientes disponibles en la columna de agua

Para el análisis de los elementos químicos disponibles en la masa de agua se realizaron dos procedimientos diferentes en función de los análisis a realizar. Por una parte se analizan en laboratorio los siguientes parámetros:

- | | |
|-----------------|-------------------|
| ⊙ Nitratos | ⊙ Silicatos |
| ⊙ Nitritos | ⊙ Amonios |
| ⊙ Fosfatos | ⊙ Nitrógeno total |
| ⊙ Fósforo total | |

Por otra se realiza una analítica *in situ* de la alcalinidad, de una muestra integrada de la misma forma que para el apartado anterior, mediante un fotómetro portátil y apuntándose los resultados obtenidos en la ficha correspondiente

La muestra para los parámetros *Nitrógeno total*, *Nitratos*, *Nitritos* y *Fósforo total* se toma a partir de una muestra integrada sin filtrar de la columna de agua, de idéntica manera a la utilizada para el análisis cuantitativo de fitoplancton. Se toman 125 ml en un recipiente de vidrio que se almacenan en un lugar refrigerado hasta su análisis en laboratorio (en menos de 24 horas). Los nutrientes *Fosfatos*, *Silicatos* y *Amonio*, se analizan en laboratorio, tomándose un vial de 12 ml de muestra integrada (al igual que en el caso anterior) y posteriormente analizándose mediante la utilización de un autoanalizador de flujo segmentado continuo.



Figura 32. Autoanalizador de flujo segmentado utilizado.

4.3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO

Desde el punto de vista metodológico, la determinación del Potencial Ecológico implica el estudio de los indicadores establecidos en la legislación de aplicación y que, como ya se ha comentado en apartados anteriores, estarían relacionados con el elemento de calidad biológica correspondiente al fitoplancton. Así, se explica a continuación la metodología empleada para la obtención de datos relativos al fitoplancton de un embalse, desde el procesado de la muestra hasta el procedimiento de cálculo del Índice de Potencial Ecológico en función de las condiciones de referencia que sean de aplicación en cada caso particular.

4.3.1. Análisis cuantitativo de fitoplancton y cálculo del biovolumen

4.3.1.1. Análisis cuantitativo

Para realizar el análisis cuantitativo de las muestras de fitoplancton se utiliza el método indicado en el protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses (MFIT- 2013) establecido por la Dirección General de Agua del

Ministerio para la Transición Ecológica. Se trata del método Utermöhl (Utermöhl, 1931) donde es necesario un microscopio invertido, una cámara digital acoplada a este, cubetas de sedimentación, guías de identificación y formularios para anotar el recuento de especies.

El método Utermöhl consta de 2 fases: preparación de la muestra y procedimiento de recuento.

Fase 1: Preparación de la muestra

En primer lugar, se somete a las muestras, y también a las cubetas de sedimentación, a un periodo de aclimatación (unas 12 horas), esto favorece que el fitoplancton se distribuya al azar en la muestra ya que no se generan corrientes de convección. Después, la muestra se homogeniza ya que durante el tiempo que está almacenada, parte se sedimenta.

En caso de que la densidad algal de la muestra sea muy baja o muy alta, antes de pasar la alícuota a la cámara de sedimentación, se realiza una concentración o una dilución de la misma.

Homogenizada la muestra se llena la cubeta de sedimentación y se tapa con una pieza de cristal evitando que queden burbujas en el interior. Las cubetas son de 25 ml, por lo que para que la muestra sedimente por completo son necesarias al menos 24 horas.

Pasado el periodo de sedimentación, la cámara se coloca cuidadosamente en el microscopio y se procede al análisis de la muestra.

Fase 2: Identificación y recuento

En primer lugar, antes de empezar con el recuento, se realiza una visualización previa de la muestra para realizar un inventario de las especies presentes (identificación con ayuda de guías taxonómicas), y para observar la densidad de algas, que dará una idea del número de campos que se analizarán. Se analizan campos hasta llegar a contabilizar en torno a 400 células, en caso de no haber una densidad de células suficiente, se contabilizan en torno a 100 campos.

Durante el recuento, si se encuentran organismos incompletos en el borde del campo óptico, como criterio general, estos no se cuentan, y en el caso de que

haya organismos de gran tamaño, se realiza un recuento de la cámara completa a bajos aumentos (en general los recuentos se realizan a 400 aumentos).

Mientras se realiza el recuento se irán tomando las medidas necesarias de cada especie para el cálculo del biovolumen real.

Realizado el recuento de las especies, se calcula la densidad (células/ml) a la que se encuentra cada una de ellas. Para realizar el cálculo hay que tener en cuenta el número de células contadas, el número de campos analizados, el área del campo óptico, el área de la cámara, el volumen de muestra analizado y el factor de dilución o concentración (en caso de que se haya diluido o concentrado la muestra).

La fórmula para el cálculo de la densidad de cada especie es la siguiente:

$$D = \frac{x * d * A}{n * a * v}$$

D: densidad (células/ml)

x: número de células

d: factor de dilución o concentración

A: área de la cámara

n: número de campos ópticos

a: área del campo óptico

v: volumen de muestra analizado

4.3.1.2. Cálculo del Biovolumen

El cálculo del biovolumen real de las especies de cada muestra, se llevó a cabo mediante el método de Rot. Dicho método consiste en asimilar la morfología de cada especie a una forma geométrica. Así, midiendo 20 individuos de cada especie (como mínimo) se calcula el volumen de cada una, siguiendo la fórmula de la figura geométrica a la que se asemeja. La forma geométrica se toma de la base de datos de TAXAGUA y en caso de no encontrarse se acude a fuentes complementarias.

Una vez obtenida la densidad algal (células/ml) y el biovolumen real de cada especie, se procede al cálculo del biovolumen por litro de cada especie. Se multiplica la densidad celular por el biovolumen correspondientes a cada especie, y se procede al cambio de unidades correspondiente (de $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ a mm^3/ml). Obtenidos todos los biovolúmenes por litro de cada especie, se calcula el biovolumen total de muestra sumando todos los valores de cada especie.

4.3.2. Cálculo del IGA y RCEs

Una vez analizado el fitoplancton, tras obtener el biovolumen total de la muestra, ya se pueden calcular los indicadores relacionados con la composición (el porcentaje de cianobacterias y el Índice de Grupos Algales IGA).

Para calcular el porcentaje de cianobacterias no se tienen en cuenta todos los grupos. Del biovolumen total de cianobacterias se omite el biovolumen de las cianobacterias pertenecientes al orden Croococales (a excepción de los géneros *Microcystis* y *Woronichina*), esto se debe a que la mayoría de cianobacterias presentes en este orden no producen toxinas (Cirés-Gómez, 2011) y por lo tanto su presencia no va a producir un impacto negativo. El porcentaje se calcula según la siguiente expresión:

$$\% \text{ Cia} = \frac{\text{BV Cia} - [\text{BV Crooc} - (\text{BV Micro} + \text{BV Woro})]}{\text{BV total}} * 100$$

BV: biovolumen	Micro: <i>Microcystis</i>
Cia: <i>Cyanobacterias</i>	Woro: <i>Woronichina</i>
Crooc: <i>Croococales</i>	

El IGA es un índice diseñado por Catalan (Catalan, 2003) para determinar el estado ecológico de lagos alpinos y kársticos que relaciona los porcentajes de biovolúmenes de diferentes grupos de fitoplancton teniendo en cuenta si éstos son coloniales o no. En situaciones de enriquecimiento en nutrientes se ha visto que hay un incremento en las formas coloniales (Catalan, 2003). Para el cálculo del IGA se sigue la siguiente fórmula:

$$\text{IGA} = \frac{1 + 0,1*Cr + Cc + 2*(Dc + Chc) + 3*Vc + 4*Cia}{1 + 2*(D + Cnc) + Chnc + Dnc}$$

Cr: <i>Criptófitos</i>	Cia: <i>Cyanobacterias</i>
Cc: <i>Crisófitos coloniales</i>	D: <i>Dinoflagelados</i>
Dc: <i>Diatomeas coloniales</i>	Cnc: <i>Crisófitos no coloniales</i>
Chc: <i>Clorococales coloniales</i>	Chnc: <i>Clorococales no coloniales</i>
Vc: <i>Volvocales coloniales</i>	Dnc: <i>Diatomeas no coloniales</i>

Obtenidos los valores del porcentaje de cianobacterias y el IGA, se procede al cálculo del Ratio de Calidad Ecológica (RCE o Ecological Quality Ratio, EQR) de los diferentes indicadores. Este tomará valores entre 0 y 1, donde 0 indica un estado malo de la masa de agua y 1 un estado muy bueno. El RCE o EQR es la relación entre los valores observados y los correspondientes a las condiciones de referencia.

Las condiciones de referencia de los indicadores se corresponden con el valor que tomaría cada uno de ellos en una situación en la que los niveles de presión antropogénica son nulos o muy bajos. Para embalses, las condiciones de referencia son las condiciones de máximo potencial ecológico (MPE), que son diferentes en función de las tipologías que presente cada embalse.

Para calcular el RCE del porcentaje de cianobacterias y el IGA, los valores se transforman mediante la diferencia del índice respecto al valor máximo teórico (100 y 400 respectivamente), de manera que el valor obtenido se relaciona de forma directa con la calidad del agua. La transformación se realiza en ambos valores, el calculado y el de MPE. El procedimiento de cálculo se muestra en las siguientes fórmulas:

$$RCE_{\%Cia} = \frac{100 - \%Cia}{100 - \%Cia_{MPE}}$$

%Cia: valor obtenido del indicador
%Cia_{MPE}: máximo potencial ecológico del indicador

$$RCE_{IGA} = \frac{400 - IGA}{400 - IGA_{MPE}}$$

IGA: valor obtenido del indicador
IGA_{MPE}: máximo potencial ecológico del indicador

Por otra parte, en relación con la biomasa, se empleará la clorofila a y el biovolumen. En ambos casos, nos encontramos con valores que están relacionados inversamente con la calidad del agua, por lo que el cálculo del RCE es a la inversa. El RCE para estos indicadores se calcula como la relación de las condiciones de referencia y el valor obtenido del indicador. El cálculo sigue las siguientes expresiones:

$$RCE_{Cl} = \frac{Cl_{MPE}}{Cl} \quad \left| \quad RCE_{BV} = \frac{BV_{MPE}}{BV}$$

Cl: valor obtenido del indicador
Cl_{MPE}: máximo potencial ecológico del indicador

BV: valor obtenido del indicador
BV_{MPE}: máximo potencial ecológico del indicador

4.3.3. Condiciones de referencia y cálculo del IPE

Las condiciones de referencia definidas en el Plan Hidrológico del Cantábrico (PHC) para el cálculo del potencial ecológico en los embalses considerados, se recogen de forma detallada en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores de condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado ecológico de los indicadores del elemento de calidad biológica fitoplancton para los tipos de embalses objeto de estudio.

Tipología de embalse	Elemento	Parámetro	Indicador	Condición de referencia (MPE)	Límites de cambio de clase de estado RCE		
					Bueno / Moderado	Moderado/ Deficiente	Deficiente/ Malo
3: Monomítico, silíceo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal.	Fitoplancton	Biomasa	Clf a ($\mu\text{g/l}$)	2,00	0,211	0,14	0,07
		Biomasa	BV (mm^3/l)	0,36	0,189	0,126	0,063
		Composición	IGA	0,10	0,974	0,649	0,325
		Composición	% Cianobacterias	0,00	0,908	0,607	0,303
7: Monomítico, calcáreo de zonas húmedas, con Tª media anual menor de 15°C, pertenecientes a ríos de cabecera y tramos altos.	Fitoplancton	Biomasa	Clf a ($\mu\text{g/l}$)	2,60	0,433	0,287	0,143
		Biomasa	BV (mm^3/l)	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	IGA	0,61	0,982	0,655	0,327
		Composición	% Cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
9: Monomítico, calcáreo de zonas húmedas, pertenecientes a ríos de la red principal.	Fitoplancton	Biomasa	Clf a ($\mu\text{g/l}$)	2,60	0,433	0,287	0,143
		Biomasa	BV (mm^3/l)	0,76	0,362	0,24	0,12
		Composición	IGA	0,61	0,982	0,655	0,327
		Composición	% Cianobacterias	0,00	0,715	0,48	0,24
13: Dimítico.	Fitoplancton	Biomasa	Clf a ($\mu\text{g/l}$)	2,10	0,304	0,203	0,101
		Biomasa	BV (mm^3/l)	0,43	0,261	0,174	0,087
		Composición	IGA	1,10	0,979	0,653	0,326
		Composición	% Cianobacterias	0,00	0,931	0,621	0,31

Calculados los RCE de los indicadores, atendiendo a los límites de cambio de clase de estado de RCE, cada uno de los valores nos indicará, de manera independiente, cual es el estado específico de ese indicador.

Para llegar a un potencial ecológico global (IPE, Índice de Potencial Ecológico), se integran en una fórmula los 4 indicadores. Para ello los valores de RCE hay que normalizarlos según una escala numérica equivalente, que permite la combinación y comparación de los RCE de los diferentes indicadores. La forma de calcular el valor de RCE normalizado varía según la tipología del embalse y el propio valor del RCE (ver Tabla 11). Si se da el caso que en alguna de estas transformaciones el RCE obtenido es mayor de 1, el valor de RCE que se considera es 1.

Tabla 11. Criterios de obtención de RCE normalizados por tipologías.

Tipo embalse	RCE	Cálculo RCE normalizado
Tipo 3	Clorofila a	
	>0,21	$0,5063 \times RCE + 0,4937$
	$\leq 0,21$	$2,8571 \times RCE$
	Biovolumen	
	>0,19	$0,4938 \times RCE + 0,5062$
	$\leq 0,19$	$3,1579 \times RCE$
	% Cianobacterias	
	>0,91	$4,4444 \times RCE - 3,4444$
	$\leq 0,91$	$0,6593 \times RCE$
	Índice de Grupos Algales (IGA)	
	>0,9737	$15,234 \times RCE - 14,233$
	$\leq 0,9737$	$0,6162 \times RCE$
Tipo 7 y 9	Clorofila a	
	>0,43	$0,7018 \times RCE + 0,2982$
	$\leq 0,43$	$1,3953 \times RCE$
	Biovolumen	
	>0,36	$0,625 \times RCE + 0,375$
	$\leq 0,36$	$1,6667 \times RCE$
	% Cianobacterias	
	>0,72	$1,4286 \times RCE - 0,4286$
	$\leq 0,72$	$0,8333 \times RCE$
	Índice de Grupos Algales (IGA)	
	>0,9822	$22,533 \times RCE - 21,533$
	$\leq 0,9822$	$0,6108 \times RCE$
13	Clorofila a	
	> 0,304	$0,575 \times RCE + 0,425$
	$\leq 0,304$	$1,9714 \times RCE$
	Biovolumen	
	> 0,261	$0,541 \times RCE + 0,459$
	$\leq 0,261$	$2,3023 \times RCE$
	% Cianobacterias	
	> 0,931	$5,7971 \times RCE - 4,7971$
	$\leq 0,931$	$0,6445 \times RCE$
	Índice de Grupos Algales (IGA)	
	> 0,979	$18,995 \times RCE - 17,995$
	$\leq 0,979$	$0,6129 \times RCE$

Obtenidos los valores de RCE normalizados de los 4 indicadores, ya se pueden combinar y se puede proceder al cálculo del potencial ecológico. Para calcular el índice de potencial ecológico, las métricas normalizadas se combinan según la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{\frac{RCE_n (ClO) + RCE_n (BV)}{2} + \frac{RCE_n (IGA) + RCE_n (\%Cia)}{2}}{2}$$

IPE: Índice de Potencial Ecológico
 RCE_n: (-): RCE normalizado de la métrica indicada entre paréntesis

Es decir, el valor del IPE se obtiene de la media aritmética entre el RCE Composición (que a su vez se obtiene de la media entre el RCE normalizado de IGA y % de cianobacterias) y el RCE Biomasa (que se obtiene de la media entre el RCE normalizado de Clorofila a y Biovolumen).

Una vez calculado el valor del IPE, se puede determinar el potencial ecológico del embalse de acuerdo con las clases de estado definidas en la Tabla 12.

Tabla 12. Límites de cambio de clase de estado según valores del IPE.

Parámetro	Clase de Potencial Ecológico				
	Muy Bueno	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
IPE	> 0,8	0,6 - 0,8	0,4 - 0,6	0,2 - 0,4	< 0,2

4.4. DETERMINACIÓN DEL ESTADO TRÓFICO

El grado de eutrofización o estado trófico se entiende como la capacidad de generar biomasa planctónica en el seno de la masa de agua a partir de nutrientes minerales. Según Margalef (1976), el término eutrofización es la *fertilización excesiva de las aguas naturales, que van aumentando su producción de materia orgánica, con una considerable pérdida de calidad del agua.*

También podemos encontrar otras definiciones de eutrofización como el *enriquecimiento del agua con nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno, que conduce al aumento del crecimiento vegetal, produciendo "blooms" algales, desarrollo de macrófitos flotantes o sumergidos, o incremento de las poblaciones algales del bentos. Con la descomposición de este material sobreviene un agotamiento del oxígeno, que tiene como consecuencia otros problemas como la*

mortandad de peces, liberación de gases corrosivos y otras sustancias tóxicas o indeseables (Padisak J. 2003).

Para evaluar este parámetro y puesto que existen numerosas referencias en cuanto a límites de cambio de clases de estado trófico, se ha planteado el cálculo de dos índices: Estado Trófico (ET) y Trophic State Index (TSI).

4.4.1. Estado Trófico (ET)

Para evaluar el estado trófico de los embalses se analizan una serie de indicadores de amplia aceptación:

- ⊙ Concentración de nutrientes, representada por el *Fósforo total* (P_T). En el epilimnion del embalses es un parámetro fundamental ya que suele ser el factor limitante en el crecimiento y reproducción de las poblaciones algales o producción primaria.
- ⊙ Concentración de *Clorofila a*. en la zona fótica.
- ⊙ Transparencia medida como *Profundidad de disco de Secchi*.
- ⊙ *Densidad algal*, como indicador de biomasa (n° cél/ml).

La catalogación trófica final se obtiene aplicando los valores de la Tabla 13 y calculando el promedio:

Tabla 13. Clasificación del estado trófico ET en función de los valores de los indicadores seleccionados.

Límites Clase	≤1,8	>1,8-2,6	>2,6-3,4	>3,4-4,2	>4,2
Valor Estado	1	2	3	4	5
Parámetro	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración epilimnética de P_T ($\mu\text{g/l}$) OCDE	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Clorofila a ($\mu\text{g/l}$) en epilimnion OCDE	0-1	1-2,5	2,5-8	8-25	>25
Densidad algal (cél/ml) Margalef (1983)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
Disco de Secchi (m) OCDE	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7

4.4.2. Trophic State Index (TSI)

Para el presente trabajo, también se ha establecido como indicador del Estado Trófico, el cálculo del TSI (*Trophic State Index*) (Carlson, 1977). Este índice se halla realizando la media aritmética de tres factores calculados a raíz de 3 parámetros obtenidos de la columna de agua: profundidad de disco de Secchi, concentración de Clorofila a y concentración de Fósforo total.

Para la obtención del índice mediante la media aritmética, cada parámetro medido debe de transformarse de la siguiente manera:

- ⊙ Profundidad de disco de Secchi:

$$TSI(SD) = 10 \left(6 - \frac{\ln SD}{\ln 2} \right)$$

- ⊙ Concentración de Clorofila a :

$$TSI(Cl) = 10 \left(6 - 2,04 - 0,68 \frac{\ln Cl}{\ln 2} \right)$$

- ⊙ Concentración de nutrientes, representada por el fósforo total (P_T).

$$TSI(P_t) = 10 \left(6 - \frac{\ln \frac{48}{P_t}}{\ln 2} \right)$$

En función de los resultados obtenidos para cada indicador, se procede al cálculo de la media y a la obtención del TSI en función de los límites establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 14. Clasificación del estado trófico en función del resultado del TSI.

Parámetro	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
TSI	< 20	20-40	40-60	60-80	>80

5. RESULTADOS: CARACTERIZACIÓN DE LOS EMBALSES

A continuación se muestran los datos obtenidos en las campañas de muestreo realizadas durante los años 2012 y 2017, salvo para el caso de la comunidad de fitoplancton que incluye el periodo 2012-2105.

5.1. RESULTADOS POR EMBALSE

En el Anexo II, se muestran todos los resultados obtenidos para cada uno de los embalses.

5.1.1. Embalse de Furacón

5.1.1.1. Variables físico-químicas y biológicas

No se observa estratificación de la columna de agua, obteniéndose unos perfiles de temperatura y oxígeno disuelto homogéneos con la profundidad. Esto concuerda con las características de la masa de agua al tratarse de un embalse de poca profundidad ($6,70 \pm 1,9$ m).

Existe una marcada estacionalidad en los datos de temperatura registrados en la columna de agua con temperaturas mínimas (entre 5 y 10°C) en invierno y máximas (en torno a 20°C) en verano. Mientras que, la concentración de oxígeno hipolimnético oscila entre 12,88 (invierno 2015) y 6,76 mg O₂/l (primavera 2017), observándose valores más elevados durante los periodos invernales.

La transparencia del agua medida con el disco de Secchi varía entre un máximo de 4,35 m registrado en otoño de 2016 y un mínimo de 0,4 m en el invierno de 2015. Este mínimo fue corregido al valor de bueno de 3,1 m, dado que la baja transparencia fue consecuencia de la elevada turbidez registrada tras una avenida (valor promedio \pm desviación estándar, $89,5 \pm 7,7$ NTU) y no de la presencia de un bloom fitopláctonico.

En lo que respecta a la concentración de nutrientes (amonio, nitrato nitrito y silicato), no se observan elevadas concentraciones durante el periodo muestreado

alcanzando los siguientes valores promedio: amonio $0,12 \pm 0,12$ mg/l; fosfato $0,02 \pm 0,01$ mg/l; nitrato $1,90 \pm 1,31$ mg/l, nitritos $0,04 \pm 0,02$ mg/l y silicato $2,95 \pm 2,07$ mg/l.



Figura 33. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Furacón.

La concentración total de nitrógeno oscila entre 0,35 mg/l en invierno de 2015 y 2,40 mg/l en verano de 2012, siendo el valor promedio del periodo analizado de $1,17 \pm 0,73$ mg/l. Mientras que, la concentración promedio de fósforo total, nutriente limitante e indicador de eutrofización, presenta valores más bajos con una concentración promedio de $0,14 \pm 0,13$ mg/l, observándose una concentración mínima inferior a 0,02 en invierno de 2017 y una máxima de 0,40 y 0,38 mg/l en verano de 2012 y primavera de 2015, respectivamente.

Los valores de clorofila a no presentan una tendencia clara como cabría esperar con máximos en periodos estivales y primaverales, sino que alcanza su máximo valor en invierno de 2017 (2,76 $\mu\text{g/l}$) y un mínimo de 0,52 y 0,50 $\mu\text{g/l}$ en invierno de 2013 y primavera de 2015. El valor promedio obtenido durante el periodo 2012-2017 es de $1,72 \pm 0,75$ $\mu\text{g/l}$.

Asociado al máximo de clorofila a en el invierno de 2013, se registran valores elevados de densidad celular (774,56 cél/ml), biovolumen (2,38 mm^3/l) e índice de grupos algales (3,27). Siendo el promedio para estos parámetros biológicos durante el periodo 2012-2017, $284,80 \pm 271,37$ cél/ml, $0,61 \pm 0,89$ mm^3/l y $0,91 \pm 0,86$. Se observa una gran variabilidad interanual e interestacional en dichos parámetros, no mostrando una tendencia de máximos en los periodos óptimos para el crecimiento y desarrollo de los organismos fitoplanctónicos, al igual que en el caso de la clorofila a.

5.1.1.2. Potencial ecológico y estado trófico

El potencial ecológico del embalse de Furacón es catalogado de máximo para todas las campañas realizadas, no observándose indicios ni episodios de eutrofización. Dicho potencial alcanza el valor máximo de 1 en el verano y otoño de 2014, invierno de 2015 y verano de 2016. Mientras que, los valores más bajos se registraron en la primavera de 2015 (0,883) y el invierno de 2017 (0,872), en donde se alcanzan los máximos valores de biovolumen (2,38 $\mu\text{m}^3/\text{l}$ para ambas campañas), situando su RCE normalizado en 0,53.

El estado químico no presenta datos como para poder realizar una evaluación, por lo que el estado de la masa de agua se determina únicamente con el valor del potencial ecológico calificándose, como de "Bueno o Mejor" a lo largo de todo el periodo de muestreo.

Tabla 15. Clasificación del Estado del Embalse de Furacón.

Embalse de Furacón												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	1,00	0,88	0,87	0,98
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
Estado Químico	-											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

El índice TSI resultante en el histórico de datos categoriza el embalse de Furacón como de Mesotrófico con valores que oscilan entre un máximo de 54,60 alcanzado en el verano de 2012, como consecuencia de una elevada concentración de fósforo total (0,38 mg/l), y un valor mínimo de 43,88 en invierno de 2017. Sin embargo, el estado trófico muestra una mayor variabilidad alternando periodos oligotróficos con mesotróficos. Los valores promedio obtenidos a lo largo del periodo muestreado son de $48,99 \pm 3,52$ para el TSI y de $3,44 \pm 0,22$ para el estado trófico.

Por todo ello, la productividad de la masa de agua en estudio se puede caracterizar como de baja-moderada, no siendo esperables episodios de eutrofización, ni proliferaciones de microorganismos.

Tabla 16. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Furacón.

Embalse de Furacón												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	54,60	52,10	44,92	50,25	48,13	54,47	58,01	51,90	45,28	46,23	43,88	48,58
	Mes.											
Estado trófico	3,3	3,5	3,8	3,3	3,5	3,5	3,0	3,5	3,8	3,5	3,3	3,5
	Mes.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.

5.1.1.3. Comunidad de fitoplancton

La comunidad fitoplanctónica se describirá en este apartado y para los sucesivos embalses a partir de las siguientes variables:

- ⊙ Biovolumen (mm^3/l), densidad celular (cel/ml) y riqueza específica (nº de especies) en función de las diferentes clases de los organismos fitoplanctónicos registrados en cada embalse.
- ⊙ Tasa de aparición de géneros nuevos (%): Esta variable indica el tanto por ciento de géneros nuevos encontrados en cada una de las campañas analizadas con respecto a las anteriores, tanto en las muestras tomadas para el estudio del fitoplancton cualitativo como cuantitativo. Del mismo modo en cada una de las gráficas se representará el total de los géneros nuevos registrados siendo éste el promedio de las tasas de aparición para todo el periodo de estudio. Cabe destacar que no se representan las tasas de aparición del verano de 2012, dado que al tratarse de la primera campaña, dicha tasa alcanza siempre el máximo valor del 100%.

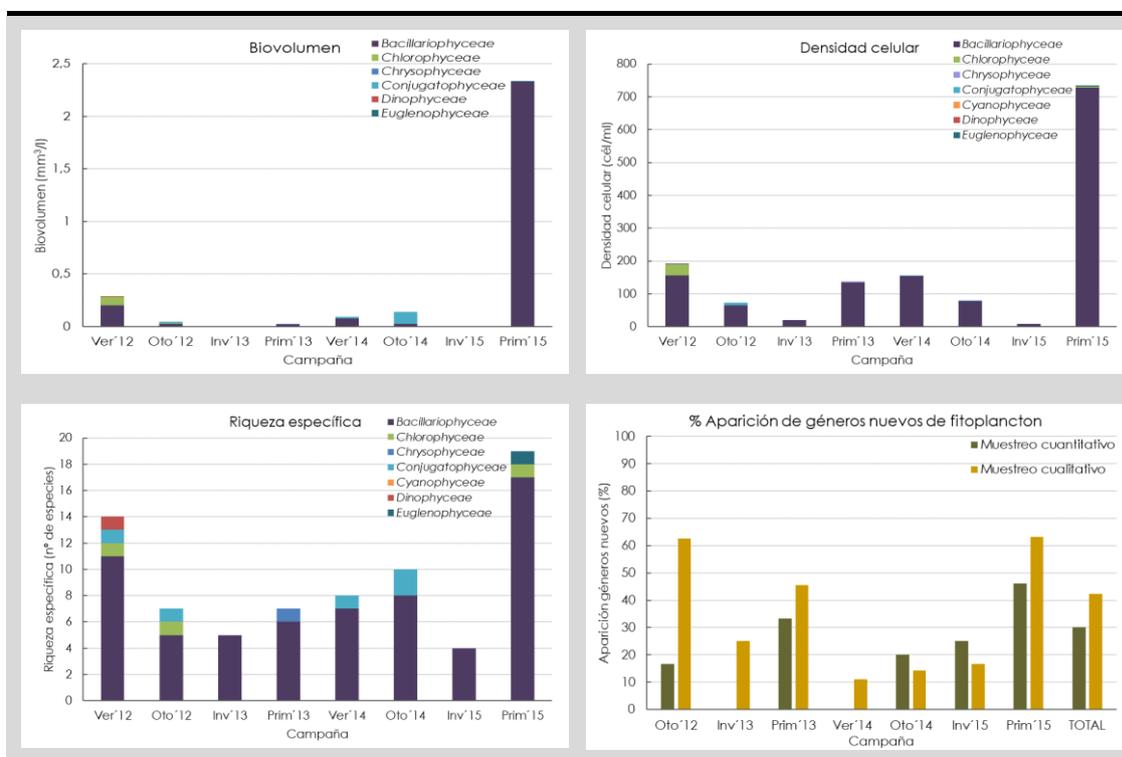
Se observa un paralelismo entre el biovolumen, la densidad celular y riqueza específica, siendo los valores máximos para estos parámetros observados en la primavera de 2015 (biovolumen: $2,33 \text{ mm}^3/\text{l}$; densidad celular $734,48 \text{ cél}/\text{ml}$; riqueza específica: 19 especies), este pico es debido a la abundancia observada de la clase *Bacillariophyceae* que supone el 99% del total de la muestra, siendo las especies más dominantes las diatomeas pennadas no coloniales *Encyonema sp.* y *Navicula sp.*

En términos de biovolumen, la clase *Bacillariophyceae* predomina sobre el resto, a excepción del otoño de 2014 donde la clase *Conjugatophyceae* supone el 80,59% del biovolumen total, esto es debido a que, aunque su densidad celular tan solo alcanza el valor de $1,67 \text{ cél}/\text{ml}$, el tamaño celular de las especies registradas (*Closterium lúnula*, *Closterium moniliferum*, *Cosmarium spp.*) es muy superior al de resto de especies presentes en la muestra.

Los resultados muestran como la clase *Bacillariophyceae* es el grupo más abundante y mejor representado en todas las campañas realizadas con densidades celulares y riquezas específicas que oscilan entre $8,88 \text{ cél}/\text{ml}$ y 4 especies en el invierno de 2015 a $728,00 \text{ cél}/\text{ml}$ y 17 especies en la primavera de

2015. Por el contrario, las clases *Dinophyceae*, *Chrysophyceae* y *Euglenophyceae* tan sólo se observaron en la verano de 2012, primavera de 2013 y 2015, respectivamente.

La aparición de géneros nuevos en las muestras obtenidas para el análisis cualitativo del fitoplancton oscila entre el 11,11% en el verano de 2014 y 63,16% en la primavera de 2015, siendo el promedio para todo el periodo de estudio del 42,27%. Mientras que las muestras cuantitativas presentan una menor variación alcanzado un valor total del 30,14%, con un rango comprendido entre la ausencia de aparición de nuevos géneros en el invierno de 2013 y verano de 2014 y un máximo del 46,15% en la primavera de 2015.



5.1.2. Embalse de Priañes

5.1.2.1. Variables físico-químicas y biológicas

No se observa estratificación de la columna de agua en ninguna de las campañas realizadas durante el periodo comprendido entre 2012-2017, siendo la profundidad máxima media de este embalse de $9,82 \pm 1,40$ m.

Existe una marcada estacionalidad en los datos de temperatura, alcanzando valores máximos en torno a 20°C en verano y mínimos de 5°C en invierno. No se observa una disminución de oxígeno hipolimimnético con la profundidad dada la ausencia de estratificación, tomándose como concentración media el promedio del total de la columna de agua, dicho valor alcanza un máximo en invierno de 2015 (12,34 mg/l) y un mínimo de 5,83 mg/l en verano de 2014, siendo el promedio para todas las campañas realizadas de $9,17 \pm 1,88$ mg/l.

La transparencia del agua presenta su valor más bajo (0,5 m) en el invierno de 2013, asociado a dicho mínimo se registra una elevada turbidez ($9,48 \pm 1,25$ NTU), por lo que dicha transparencia es corregida al valor de bueno (3,1m) al no correlacionarse con la presencia de floraciones fitoplanctónicas. El máximo registrado se observa en la campaña otoñal de 2016 con un valor de 5 m. EL valor medio obtenido de $2,82 \pm 0,84$ m para todo el periodo muestreado.

Se observan valores bajos en las concentraciones de amonio ($0,09 \pm 0,10$ mg NH₄/l), fosfato ($0,03 \pm 0,02$ mg PO₄³⁻) y nitrito ($0,04 \pm 0,06$ mg NO₂⁻/l), siendo más elevadas las concentraciones de nitratos ($1,35 \pm 1,30$ mg NO₃⁻) y silicato ($3,30 \pm 2,03$ mg SiO₂/l).

Asimismo, se obtienen concentraciones de fósforo total con un máximo de 0,40 mg/l en verano de 2012 y un mínimo de 0,02 mg/l en invierno de 2017, siendo el promedio durante el periodo en estudio de $0,13 \pm 0,10$ mg/l. Mientras que, el promedio de la concentración de nitrógeno total es de $1,21 \pm 0,80$ mg/l, alcanzando un valor máximo de 3,70 mg/l en otoño de 2014 y un mínimo de 0,40 mg/l en verano de 2014.

Se registra un máximo de clorofila (3,20 µg/l) en invierno de 2017 asociado a este máximo se observa una alta densidad celular (468,86 células/ml) y un máximo del índice de grupos algales (IGA; 1,05), mientras que el valor de biovolumen no destaca por su elevado valor, situando su máximo (1,39 mm³/ml) en otoño de 2016. Los valores promedio para los valores biológicos analizados durante el periodo 2012-2017 son clorofila $1,58 \pm 0,80$ µg/l, biovolumen $0,26 \pm 0,34$ mm³/l, IGA $0,60 \pm 0,48$. En lo que respecta al porcentaje de cianobacterias no se observa la presencia de este grupo de organismos salvo en la campaña estival de 2012 y primaveral de 2015, suponiendo tan solo el 1,12 y 0,14 % del total del biovolumen.

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua:
variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre
el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta
para embalses del norte de España.



Figura 35. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Priáñez.

5.1.2.2. Potencial ecológico y estado trófico

El potencial ecológico del embalse de Priañes obtenido durante el periodo 2012-2017 es catalogado como de máximo. Dicho potencial oscila entre 0,94 y 1,00, no observándose ningún valor anómalo que pudiera indicar episodios de eutrofización o blooms fitoplanctónicos.

El estado químico obtenido es catalogado como de "Bueno", por lo que el estado de la masa de agua se califica como de "Bueno o Mejor" a lo largo de todo el periodo de muestreo.

Tabla 17. Clasificación del Estado del Embalse de Priañes.

Embalse de Priañes												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,96	0,94	1,00
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
Estado Químico	Bueno											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

El índice TSI a lo largo del periodo de estudio, sitúa al embalse de Priañes en valores mesotróficos con un valor máximo de 58,36 en el invierno de 2015 y un mínimo de 44,08 en el otoño de 2016. Los valores obtenidos a lo largo del periodo muestreado no presentan una gran variabilidad entre campañas ni estaciones, registrándose un valor medio de $51,98 \pm 4,52$.

Por otro lado, el estado trófico muestra la misma tendencia que el índice TSI con estados generalmente mesotróficos, salvo en el invierno de 2013 y otoño de 2016, donde se producen periodos oligotróficos, siendo el promedio para el periodo de estudio de $3,25 \pm 0,25$.

Por todo ello, la productividad de la masa de agua se categoriza como de moderada, sin presentar evidencias de episodios de eutrofización.

Tabla 18. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Pirañes.

Embalse de Pirañes												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	56,27	54,98	46,10	52,50	52,01	56,89	58,36	50,25	52,63	44,08	45,58	51,37
	Mes.											
Estado Trófico	3,3	3,3	3,8	3,0	3,3	3,3	2,8	3,3	3,3	3,5	3,3	3,0
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.

5.1.2.3. Comunidad de fitoplancton

Los resultados muestran como la clase *Bacillariophyceae* es el grupo más representativo en todos los muestreos realizados con densidades celulares y riquezas específicas que varían entre 9,62 cél/ml y 5 especies en el invierno de 2013 a 482,52 cél/ml y 23 especies en la primavera de 2015. Por el contrario, las clases con una menor representación fueron: Clase *Chrysophyceae* con la presencia de la especie *Dynobryon divergens* en la campaña primaveral de 2013 y la Clase *Dinophyceae* con las especies *Ceratium hirundinella* y *Peridinium sp.* durante el otoño de 2014.

Sin embargo, a pesar de que las diatomeas son el grupo más representativo se observa como los valores de biovolumen disciernen con la abundancia celular, así se muestra como el grupo de las cianobacterias presentes en el verano y otoño de 2014 suponen entre aproximadamente el 25 y 50% del biovolumen total aunque su densidad solo alcanza alrededor del 2 y 3%, esto se debe a la presencia de especies con un elevado tamaño celular pertenecientes al género *Anabaena sp.* Del mismo modo el biovolumen registrado en el otoño de 2014 para la clase *Dinophyceae* representa el 55,04% del total siendo su densidad de 25,27 cél/ml frente a las 469,86 cél/ml cuantificadas para la clase *Bacillariophyceae*. Esta diferencia es debida a que la especie mayoritaria presente en la muestra se trata de la diatomea colonial *Fragilaria crotonensis* con un tamaño muy inferior a las especies de dinoflagelados (*Ceratium hirundinella* y *Peridinium sp.*) registrados.

La aparición de géneros nuevos fue generalmente superior en las muestras recogidas para el análisis cualitativo del fitoplancton. Para ambos muestreos las tasas fueron del 50% en el verano de 2012 y no se detectaron géneros nuevos en

ninguna de los dos muestreos en el invierno de 2015. Las tasas de aparición en el muestreo cualitativo del fitoplancton varían entre el 0 y 54,17% con una total igual al 41,84%. Mientras que, en las muestras de carácter cuantitativo dichas tasas oscilan entre el 0y el 50%, siendo el promedio del periodo de estudio de 39,12%.

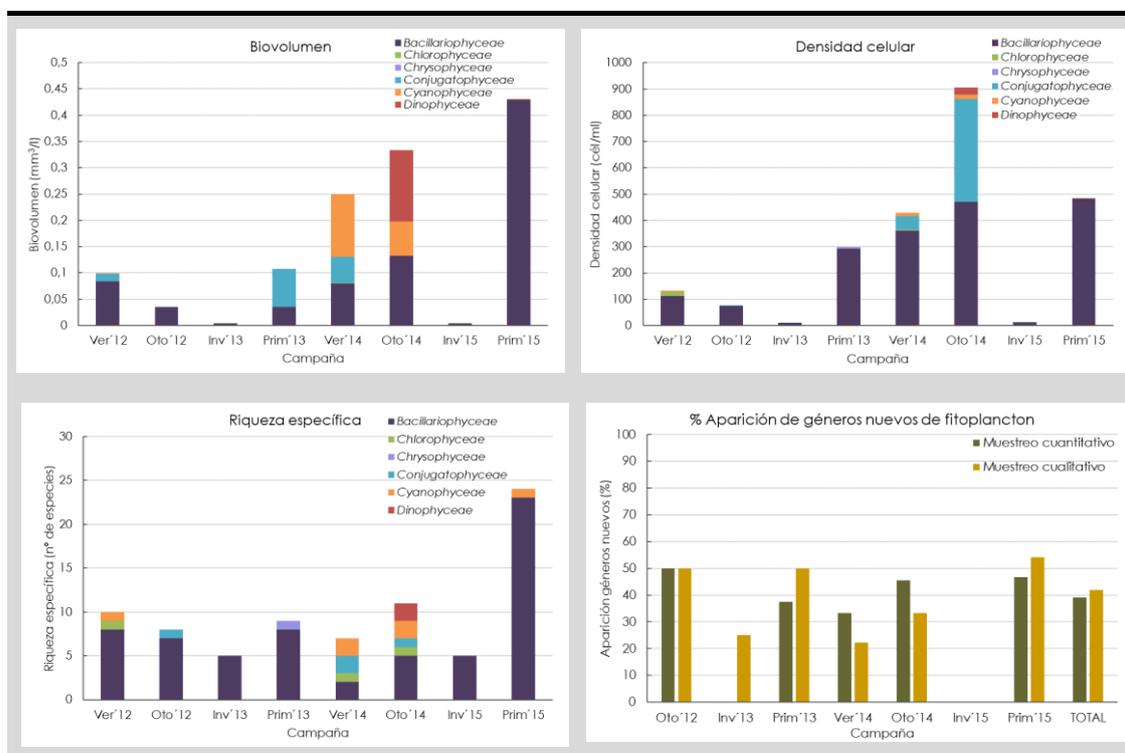


Figura 36. Representación gráfica del biovolumen (mm^3/l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Priedes.

5.1.3. Embalse de Valdemurio

5.1.3.1. Variables físico-químicas y biológicas

El perfil del embalse de Valdemurio muestra la presencia de una termoclina en periodos estivales, situada entre los 2 m y los 9 m de profundidad. Asimismo, se registra la presencia de una termoclina superficial a 3 m en el otoño de 2014 y a 1 m en la primavera de 2015. La profundidad máxima media durante el periodo 2012-2017 es de $14,43 \pm 2,09$ m.

No se observa una disminución en la concentración de oxígeno hipolimnético con la profundidad en periodos de estratificación, alcanzando un valor promedio para el periodo muestreado de $10,28 \pm 2,13$ mg/l, registrándose el valor más bajo en otoño de 2014 ($7,63 \pm 5,83$ mg/l) y el más elevado en otoño de 2012 ($13,60 \pm 5,83$ mg/l).

En cuanto a la variación de temperatura se observa un comportamiento estacional con máximas en torno a 20°C en verano y mínimas de 5°C en invierno.

La transparencia del agua presenta un valor mínimo de 0,3 m en el invierno de 2015 acompañado de un valor muy elevado de turbidez ($119,92 \pm 6,89$ NTU), por lo que dicha transparencia es corregida al valor de bueno (3,1m). El máximo de transparencia se da a 6 m durante la campaña otoñal de 2012. El promedio obtenido para todo el periodo de muestreo es de $3,55 \pm 1,24$ m.

Las concentraciones de amonio, nitrato, nitrito, fosfato y silicato se mantienen en rangos bajos, con un valor promedio de $0,6 \pm 0,6$ mg/l, $0,56 \pm 0,5$ mg/l, $0,02 \pm 0,02$ mg/l, $0,05 \pm 0,14$ mg/l y $2,75 \pm 2,80$ mg/l, respectivamente. Se observa una gran desviación de dichos valores a consecuencia de un máximo registrado en la campaña otoñal de 2014, en el que destaca el elevado valor en la concentración de silicatos (11,00 mg/l) y donde se registran máximos en las concentraciones de nitrato (0,96 mg/l), nitrito (0,03 mg/l), amonio (0,21 mg/l) y fosfato (0,490).

Asociado a estos máximos otoñales en 2014, se registran las máximas concentraciones de nitrógeno total (1,20 mg/l) y fósforo total (5,50 mg/l), siendo el promedio para el periodo muestreado de $0,84 \pm 0,83$ mg/l y $0,59 \pm 1,55$ mg/l, respectivamente.

La concentración de clorofila oscila entre 8,85 µg/l en el verano de 2012 y 0,10 µg/l en la primavera de 2015, siendo el valor promedio para el periodo de estudio de $2,46 \pm 2,70$ µg/l. Se observa una gran variabilidad entre campañas con una ligera tendencia a un aumento de clorofila en periodos estivales, salvo en el verano de 2016.

No se observa una correlación entre la concentración de clorofila y la densidad celular alcanzando su máximo valor en el otoño de 2016 con 349,48 cél/ml y un mínimo de 1,45 cél/ml en invierno de 2015 que se corresponde con el mínimo valor de biovolumen obtenido (0,0003 mm³/l), asociado a este bajo valor se registra una elevada turbidez que disminuye de forma considerable el espesor de la zona fótica, limitando la penetración de la luz y, por tanto, el crecimiento de organismos fitoplanctónicos.

Los datos de biovolumen oscilan entre 0,0003 y 1,27 mm³/l, mientras que el índice de grupos algales varía de 0,01 a 1,39. En lo que respecta al porcentaje de cianobacterias, este se mantiene en cero en todas las campañas salvo en el otoño

de 2016 donde alcanza un valor de 0,46% del total de biovolumen de la muestra.



Figura 37. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Valdemurio.

5.1.3.2. Potencial ecológico y estado trófico

El potencial ecológico del embalse de Valdemurio obtenido durante el periodo 2012-2017 es catalogado en todos los casos como máximo. El valor más bajo se obtuvo en el periodo estival de 2012 (0,85), en donde se registró un máximo de clorofila de 8,85 µg/l, situando su RCE normalizado en 0,41.

El estado químico alcanza el buen estado durante el periodo 2012-2017, por lo que el estado de la masa de agua se califica como de "Bueno o Mejor".

Tabla 19. Clasificación del Estado del Embalse de Valdemurio.

Embalse de Valdemurio												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,85	0,99	0,99	0,99	0,91	0,99	0,96	1,00	1,00	1,00	0,99	0,91
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
Estado Químico	Bueno											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

El estado trófico de este embalse presenta cierta variabilidad, alternando estados oligotróficos y mesotróficos con mínimos entre 36,98 y 39,82 en la primavera de 2013, otoño y verano de 2016. Destaca la presencia de un episodio eutrófico en otoño de 2014, en donde se registra un máximo en la concentración de fósforo total (5,50 mg/l) con un valor de TSI para este parámetro de 128,3, situando el valor de TSI global en 69,87.

Sin embargo, el estado trófico calculado a partir de la densidad algal, fósforo total, disco de Secchi y clorofila muestra menor variabilidad con periodos generalmente oligotróficos y algún episodio esporádico de mesotrofia, alcanzando un valor promedio para el periodo 2012-2017 de $3,48 \pm 0,38$.

Tabla 20. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Valdemurio.

Embalse de Valdemurio												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	59,40	49,61	52,92	39,09	53,06	69,87	56,22	47,07	39,82	36,98	41,57	45,92
	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Eut.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Mes.	Mes.
Estado Trófico	2,8	3,8	3,5	4,0	3,0	3,5	3,3	3,3	3,8	4,0	3,5	3,5
	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.

5.1.3.3. Comunidad de fitoplancton

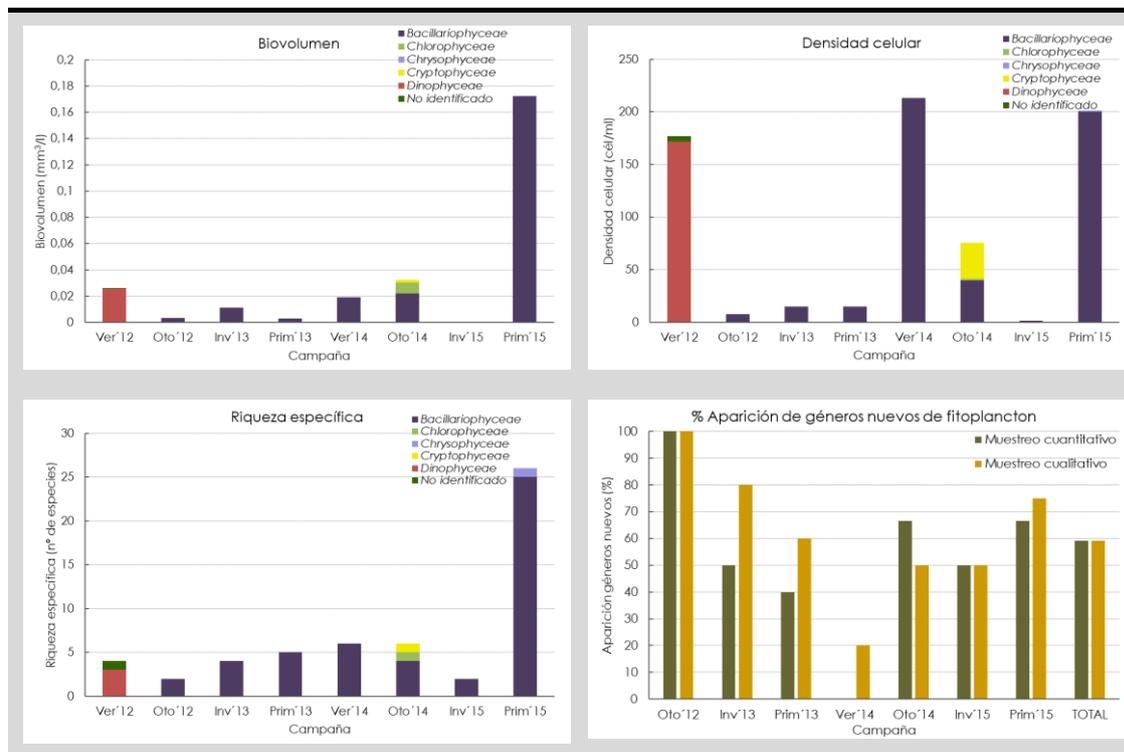
La composición de la comunidad fitoplanctónica en el embalse de Valdemurio presenta una notable predominancia de la clase Bacillariophyceae, con especies cosmopolitas y características de aguas continentales como *Fragilaria crotonensis*, *Aulacoseira granulata*, *Navicula sp.*, *Cymbella sp.*, *Encyonema sp.*, etc. Esta clase representa el 100% de la muestra en las campañas invernales y primaverales, así como el otoño de 2012 y el verano de 2014. Por otro lado, durante la campaña estival de 2012, la clase mejor representada es la de los dinoflagelados (Clase *Dinophyceae*) que supone el 97,07%. La mayor variabilidad se detecta en el otoño de 2014 con la presencia de tres clases diferentes: *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae* y *Cryptophyceae*.

Del mismo modo, la clase *Bacillariophyceae* representa aproximadamente el 100% del biovolumen de las muestras en todas las campañas, salvo en el otoño de 2014 donde tan solo supone el 68% del total del biovolumen y en el verano de 2012 donde no se registran la presencia de diatomeas, siendo la clase *Dinophyceae* la que supone el 99% del biovolumen total.

En cuanto a la riqueza específica, el máximo es alcanzado en la primavera de 2015 con un total de 25 especies todas ellas pertenecientes al grupo de las diatomeas (Clase *Bacillariophyceae*), mientras que el mínimo con tan solo dos especies se registra en otoño de 2012 e invierno de 2015.

Aunque el promedio en las tasas de aparición entre las muestras cualitativas y cuantitativas no difiere significativamente, 66,88% y 59,17% respectivamente. La aparición de géneros nuevos a lo largo de las campañas realizadas es

principalmente mayor en las muestras cualitativas de fitoplancton, oscilando entre el 20% (verano 2014) y 100% (otoño 2012). Mientras que, las muestras destinadas al análisis cuantitativo presentan un mayor grado de variación con un 100% de géneros nuevos en la campaña otoñal respecto a la estival en 2012, a la no detección en el verano de 2014 respecto a las campañas realizadas en 2012 y 2013.



5.1.4. Embalse de Pilotuerto

5.1.4.1. Variables físico-químicas y biológicas

El perfil del embalse de Pilotuerto no presenta estratificación de la columna de agua, salvo en el periodo estival de 2012 con una termoclina a 7 m. Asociada esta termoclina se produce una clara disminución de oxígeno hipolimnético, obteniéndose el valor más bajo del todo periodo de muestreo ($5,69 \text{ mg/l}$). La concentración promedio de oxígeno se sitúa en $12,05 \pm 5,69 \text{ mg/l}$.

La temperatura de la columna de agua presenta una variación estacional con máximos estivales en torno a 20°C y mínimos invernales menores a 5°C .

La transparencia del agua presenta un mínimo de 0,3 m en el invierno de 2015, esta baja transparencia se correlaciona con un episodio de elevada turbidez ($149,65 \pm 8,13$ NTU), por lo que, el valor es corregido a 3,1 m al no estar propiciado por blooms fitoplanctónicos.

En lo que respecta a la concentración de nutrientes (amonio, fosfato, nitrato, nitrito y silicato), se observan concentraciones que durante el periodo muestreado alcanzan los siguientes valores promedio: amonio $0,16 \pm 0,30$ mg/l; fosfato $0,02 \pm 0,01$ mg/l; nitrato $0,62 \pm 0,48$ mg/l, nitritos $0,01 \pm 0,02$ mg/l y silicato $3,99 \pm 4,47$ mg/l. Destacar la elevada concentración de este último nutriente durante las campañas primaverales de 2013 y 2015 con valores en torno a 11,00 mg/l.

La concentración total de nitrógeno oscila entre 0,39 mg/l en el otoño de 2016 e invierno de 2017 y 4,10 mg/l en primavera de 2013, siendo el valor promedio del periodo analizado de $1,04 \pm 1,10$ mg/l. Mientras que, el fósforo total presenta un máximo de 1mg/l en otoño de 2014 y mínimo inferior a 0,02 mg/l en la primavera de 2017, con una concentración promedio de $0,24 \pm 0,31$ mg/l.

La concentración de clorofila alcanza su máximo valor ($3,73 \mu\text{g/l}$) en el invierno de 2015, coincidente con la elevada turbidez registrada en este muestreo. La concentración más baja se obtiene en la primavera de 2015 con un valor de $0,10 \mu\text{g/l}$, siendo la concentración de clorofila media durante el periodo de estudio de $0,75 \pm 1,00 \mu\text{g/l}$.

EL máximo valor de densidad celular ($436,97 \text{ cél/ml}$) se obtiene durante la primavera de 2015, asociada a dicha densidad se registra un máximo de biovolumen de $0,312 \text{ mm}^3/\text{l}$ y de presencia de cianobacterias con un 2,62% del biovolumen total. Sin embargo, el valor más alto de IGA (1,00) se registra en el verano de 2012.

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua:
variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre
el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta
para embalses del norte de España.

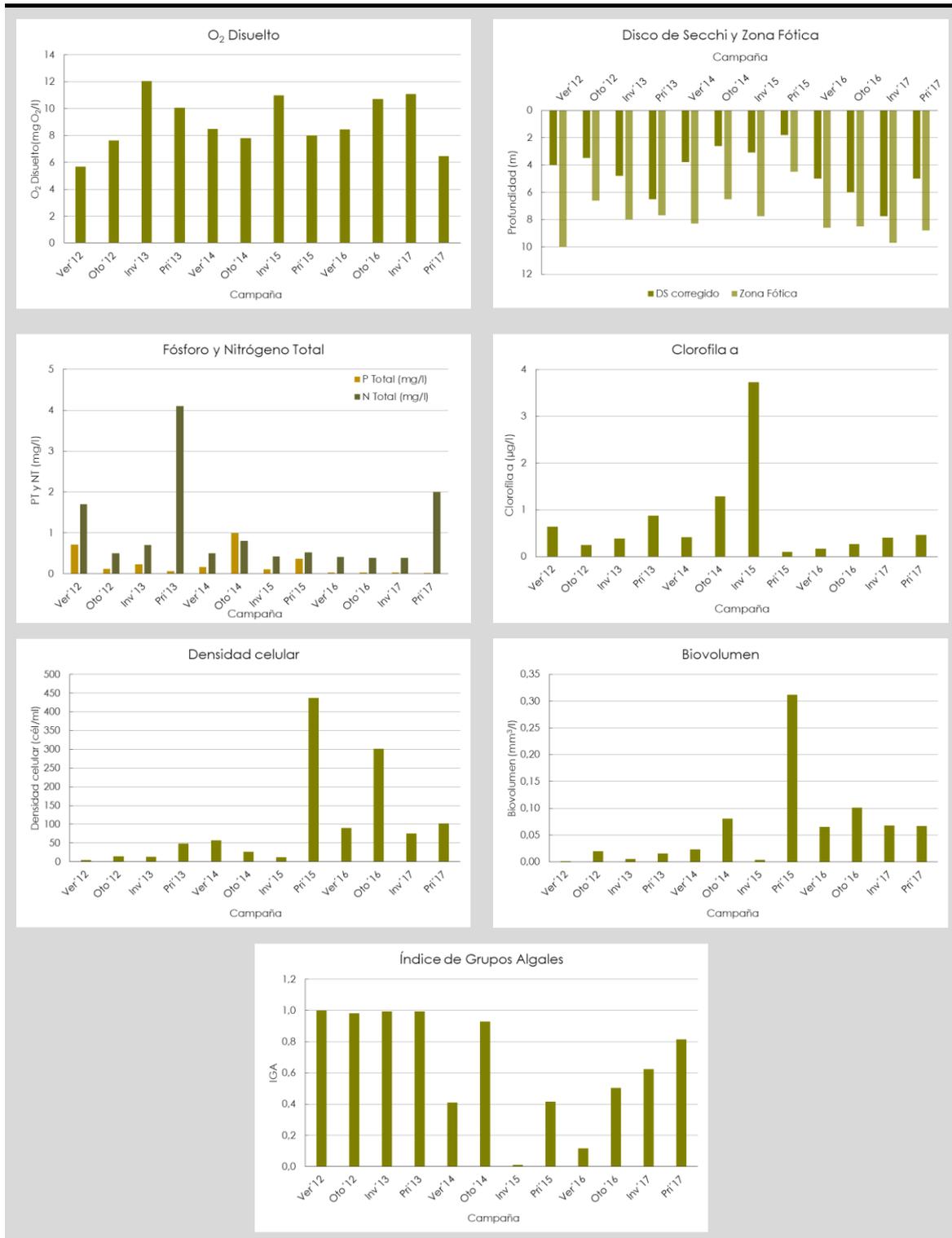


Figura 39. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Pilotuerto.

5.1.4.2. Potencial ecológico y estado trófico

El potencial ecológico del embalse de Pilotuerto es catalogado como de máximo para todo el periodo de muestreo, siendo el valor promedio igual a $0,98 \pm 0,02$ y no mostrando una gran variabilidad entre las diferentes campañas.

El estado químico alcanza el buen estado durante todo el periodo analizado (2012-2017), por lo que, el estado de la masa de agua se califica como de "Bueno o Mejor".

Tabla 21. Clasificación del Estado del Embalse de Pilotuerto.

Embalse de Pilotuerto												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	0,94	0,97	0,98	0,97	1,00	0,99
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
Estado Químico	Bueno											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

El índice TSI muestra que el estado trófico de este embalse toma de mesotrófico durante el ciclo anual 2012-2013 y 2014-2015, con dos episodios de eutrofización en otoño de 2014 e invierno de 2015, a oligotrófico en los últimos años (2016-2017). Sin embargo, según el estado trófico, este embalse oscila entre estados ultraoligotróficos y oligotróficos, con un periodo mesotrófico en el otoño de 2014 y el año 2015.

Tabla 22. Serie histórica del Estado Trófico del embalse de Pilotuerto.

Embalse de Pilotuerto												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	55,09	44,05	47,02	41,86	46,94	61,03	65,14	49,66	33,65	34,92	35,56	35,99
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Eut.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
Estado Trófico	3,8	3,8	3,8	4,3	3,8	3,3	3,3	3,3	4,3	4,0	4,5	4,0
	Olig.	Olig.	Olig.	Ult.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Ult.	Olig.	Ult.	Olig.

Según el indicador TSI, en el otoño de 2014 se produce un episodio de eutrofización que se encuentra relacionado con una elevada concentración de fósforo total (1,00 mg/l), obteniéndose un TSI para este parámetro de 103,8, esto sitúa el valor de TSI global en 61,03. Sin embargo, el observado en invierno de 2015 se asocia a un alto valor en la concentración de clorofila dando un TSI igual a 65,14.

5.1.4.3. Comunidad de fitoplancton

La clase *Bacillariophyceae* está presente en todas las campañas analizadas, siendo la única clase presente en el otoño de 2012, primavera de 2013 e invierno de 2015 en donde la densidad celular alcanza un mínimo de 4,44 cél/ml.

La mayor diversidad se da en el verano de 2012 con un total de 4 clases diferentes (*Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*, *Chrysophyceae* y *Dinophyceae*). Las clases con menor representación son *Conjugatophyceae* en el verano de 2014, *Cryptophyceae* en el otoño de 2014 y *Cyanophyceae* en la primavera de 2015.

Se detecta un máximo de biovolumen en la primavera de 2015 que se corresponde con el valor más elevado de densidad celular. Sin embargo, destaca el bajo valor de biovolumen obtenido en el verano de 2012 con respecto a la densidad celular registrada, esto se debe a que el grupo que representa el 50% de la muestra son las crisofíceas coloniales, específicamente *Dinobryon divergens* la cual se caracteriza por poseer un pequeño tamaño celular.

Se observa como la riqueza específica es elevada en la primavera de 2015 con un total de 25 especies, de las cuales 22 pertenecen a la Clase *Bacillariophyceae*, siendo la mayor parte englobadas dentro de la Familia *Naviculaceae*. Así mismo, se observa un mínimo de tan sólo 3 y 4 especies en el otoño de 2012 e invierno de 2013 y 2015, estos periodos se corresponden con las condiciones más desfavorables para el óptimo desarrollo de las comunidades fitoplanctónicas en aguas continentales, correlacionándose a su vez con las densidades celulares más bajas registradas durante el periodo de muestreo analizado.

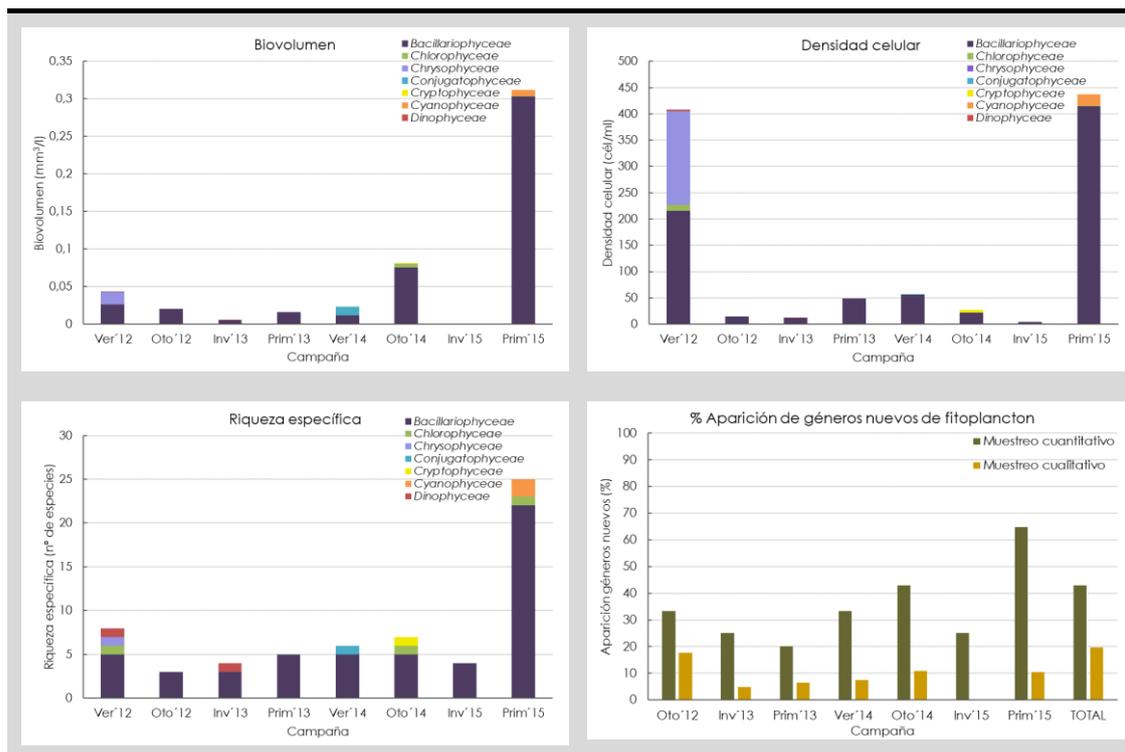


Figura 40. Representación gráfica del biovolumen (mm^3/l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Pilotuerto.

La tendencia registrada en la tasa de aparición de géneros nuevos es contraria a la observada en los embalses descritos con anterioridad. En el caso del embalse de Pilotuerto la aparición de géneros no encontrados con respecto a las campañas anteriores es marcadamente superior en las muestra recogidas para el análisis del fitoplancton cuantitativo, siendo el máximo valor registrado de 64,71% en la primavera de 2015, y un mínimo del 20% en la primavera de 2013. El promedio para dichas muestras a lo largo del periodo estudiado es de 43,03% frente al 19,72% obtenido para el muestreo cualitativo del fitoplancton cuyo rango de oscilación se encuentra entre el 0% en la campaña invernal de 2015 al 17,65% en la campaña otoñal de 2012.

5.1.5. Embalse de La Barca

5.1.5.1. Variables físico-químicas y biológicas

El perfil del embalse de La Barca presenta una marcada estratificación menos en periodos invernales. La termoclina muestra diferente comportamiento en función de la época del año, localizándose en capas más superficiales durante verano y

primavera (5-11m) y en profundidad durante el otoño (25-45m), La profundidad máxima media de dicho embalse es de $51,53 \pm 5,53$ m.

A pesar de la presencia de termoclina, no se observa un descenso brusco de la concentración de oxígeno hipolimnético en la columna de agua, salvo en el verano de 2012 donde dicha concentración disminuye a 6,11 mg/l, frente a la concentración promedio del periodo de estudio que alcanza el valor de $8,52 \pm 1,89$ mg/l.

En cuanto a la variación de temperatura se observa una variabilidad propiciada por la estacionalidad de los muestreos, con máximas 20 °C en épocas estivales-primaverales y mínimas entre 5-10° C durante la época invernal.

La transparencia del agua presenta un valor mínimo de 1,3 m en el invierno de 2015 acompañado de un valor muy elevado de turbidez ($8,27 \pm 1,10$ NTU), por lo que dicha transparencia es corregida al valor de bueno (3,1m). El máximo de transparencia se da a 5,50 m durante la campaña invernal de 2017. El promedio obtenido para todo el periodo de muestreo es de $3,13 \pm 1,04$ m.

Las concentraciones de amonio, nitrato, nitrito y fosfato se mantienen en rangos bajos, con un valor promedio de $0,06 \pm 0,08$ mg/l, $0,62 \pm 0,48$ mg/l, $0,12 \pm 0,28$ mg/l y $0,05 \pm 0,14$ mg/l, respectivamente. Sin embargo, se observan valores elevados de silicato durante las campañas realizadas en verano de 2012 (7,20 mg/l), verano y otoño de 2014 (6,50 y 7,00 mg/l) e invierno de 2015 (6,71), registrándose los valores más bajos en invierno y primavera (0,60 y 0,31 mg/l) de 2017.

En lo que respecta a la concentración de fósforo total, ésta oscila entre 0,36 y 0,02 mg/l, siendo la concentración promedio de $0,10 \pm 0,11$ mg/l. La carga de nitrógeno total es superior a la registrada para el fósforo con concentraciones máximas de 4,40 mg/l en verano de 2012 y 3,70 mg/l en otoño de 2014, para el resto de campañas es inferior a 1 mg/l.

Los parámetros biológicos no muestran una correlación clara entre sí con respecto a los máximos encontrados de cada uno de ellos, así la concentración de clorofila alcanza valores superiores a 10 µg/l en el verano de 2012 y 2016 (18,48 y 13,64 µg/l), primavera de 2013 (12,30 µg/l) y otoño de 2014 (19,12 µg/l), observándose una notable disminución en épocas invernales. Mientras que, la densidad celular alcanza su máximo valor en el verano de 2016 con un total de 11.750,87 cél/ml, asociada a este valor se registra un máximo de biovolumen de 5,116 mm³/l y un alto

índice de grupos algales de 123,89; así como una presencia de cianobacterias del 37,60% del biovolumen total.



Figura 41. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de La Barca.

Destaca el alto porcentaje de cianobacterias presente en el verano del 2012, que supone el 98,17% del total de la muestra. Asimismo, en la primavera de 2015 se obtiene un máximo del índice IGA con un valor de 201.

5.1.5.2. Potencial ecológico y estado trófico

El potencial ecológico del embalse de La Barca se cataloga como máximo y bueno en la mayoría de los muestreos realizados. Sin embargo dicho embalse presenta estados alterados, evidenciando procesos de eutrofización y floraciones fitoplanctónicas en épocas estivales.

Durante la campaña estival de 2012, el potencial ecológico del embalse se cataloga como moderado con un valor de 0,50, este valor es debido a la alta presencia de cianobacterias detectada suponiendo casi la totalidad del biovolumen de la muestra (98,17%) y de la alta concentración de clorofila (18,48 µg/l), ambos valores sitúan el RCE de biomasa en 0,55 y el de composición en 0,44.

La peor calidad obtenida se da en el verano de 2016 en donde el potencial ecológico se clasifica como deficiente. Dicho valor es consecuencia de la elevada concentración de clorofila (13,64 µg/l) y biovolumen (5,116 mm³/l), así como a una alta presencia de cianobacterias (37,60%), todo ello sitúa el RCE de biomasa en 0,32 y el de composición en 0,42, obteniéndose un potencial ecológico global de 0,37. Este episodio coincide además con una elevada densidad celular (11.750,87 cél/ml).

El estado químico alcanza el buen estado durante el periodo 2012-2017, por lo que el estado de la masa de agua se califica como de "Bueno o Mejor", a excepción del verano de 2012 y 2016, en la que se cataloga como "Peor que Bueno" debido al potencial ecológico obtenido.

Tabla 23. Clasificación del Estado del Embalse de La Barca.

Embalse de La Barca												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,50	0,94	0,99	0,89	0,79	0,70	0,75	0,60	0,37	0,63	0,99	0,75
	Moderado	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Bueno	Bueno	Bueno	Deficiente	Bueno	Máximo	Bueno
Estado Químico	Bueno											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	PEOR QUE BUENO	BUENO O MEJOR						PEOR QUE BUENO	BUENO O MEJOR			

El estado trófico definido por ambos indicadores alterna estados eutróficos, mesotróficos, oligotróficos y ultraoligotróficos. Así coincidente con el potencial ecológico moderado del verano de 2012, se da un proceso de eutrofia que viene determinado por la elevada concentración de clorofila, baja transparencia del agua y una concentración moderada de fósforo total así como una elevada densidad celular, lo que evidencia la existencia de una floración fitoplanctónica.

Sin embargo, en otoño del 2014 se da nuevamente uno episodio de eutrofia a consecuencia de la elevada concentración de clorofila, fósforo total y una alta densidad celular, incrementándose el TSI al valor de 60,73 y un estado trófico de 2,5, siendo el potencial ecológico de bueno.

Según el estado trófico se producen otros dos procesos de eutrofia en la primavera de 2015 y verano de 2016, que vienen determinados principalmente por la alta densidad fitoplanctónica registrada, alcanzando valores de 6.504,15 y 11.750,57 cél/ml respectivamente.

Coincidente con el episodio de eutrofia del verano del 2016, debido su alta densidad celular (11.750,57 cél/ml) y su elevada concentración de clorofila a (13,64 µg/l), se registra el peor valor de potencial de este embalse catalogado como de "Deficiente", lo que evidencia un marcado de bloom fitoplanctónico.

El valor promedio en el embalse de La Barca para el TSI es de $49,88 \pm 8,43$, y para el estado trófico es de $3,15 \pm 0,62$, indicando una productividad moderada-alta de esta masa de agua, con tendencia a la eutrofia en épocas estivales o primaverales.

Tabla 24. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de La Barca.

	Embalse de La Barca											
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	65,63	50,51	36,70	52,24	45,99	60,73	47,21	58,07	50,63	46,26	36,78	43,67
	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.
Estado Trófico	2,5	3,3	4,0	2,8	3,3	2,5	4,0	2,5	2,5	3,0	4,3	3,3
	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Eut.	Olig.	Eut.	Eut.	Mes.	Uit.	Olig.

5.1.5.3. Comunidad de fitoplancton

Si se observa la representación de los biovolúmenes del fitoplancton son las Bacilariofíceas las que dominan en la mayoría de las campañas realizadas, seguidas de las Cianofíceas, que cobran una gran representación en la campaña estival de 2012. Como grupos minoritarios se encuentran las clases *Dinophyceae*, *Conjugatophyceae*, *Cryptophyceae* y *Dinophyceae*.

Tanto el máximo valor registrado de biovolumen (2,35 mm³/l) y densidad celular (6.504,15 cél/ml) se produce en la primavera de 2015, siendo la clase *Bacillariophyceae* la única encontrada, con una clara predominancia de la especie *Fragilaria crotonensis*. Estos datos contrastan con la diversidad de especies ya que es en esta campaña donde se obtiene la menor riqueza específica (3 especies). Sin embargo, es en la campaña otoñal de 2014 donde se da el mayor número de especies con un valor de 11 especies pertenecientes a 5 clases diferentes.

La composición taxonómica del embalse de la Barca presenta una clara dominancia de especies englobadas dentro de la clase *Bacillariophyceae*, con rangos que oscilan entre 7,4 cél/ml en el invierno de 2013 a 6.504,15 cél/ml en la primavera de 2015. Asimismo se registra la presencia de las clases *Chlorophyceae*, *Conjugatophyceae*, *Cyanophyceae* y *Dinophyceae* en varias de las campañas realizadas, siendo las especies minoritarias las pertenecientes a la clase *Euglenophyceae* y *Chrysophyceae*, encontradas tan sólo en el verano de 2012 y primavera de 2013, respectivamente.

La tasa de aparición muestra una gran variabilidad en función de la campaña y el tipo de muestreo realizado, oscilando entre la ausencia de nuevos géneros en el

invierno de 2015 hasta el máximo de 100 en el muestreo cuantitativo, y entre el 28,57% y 50% en el muestreo cualitativo. Sin embargo, ambos muestreos presentan una tasa de aparición promedio similar siendo en torno al 48% en ambos muestreos.

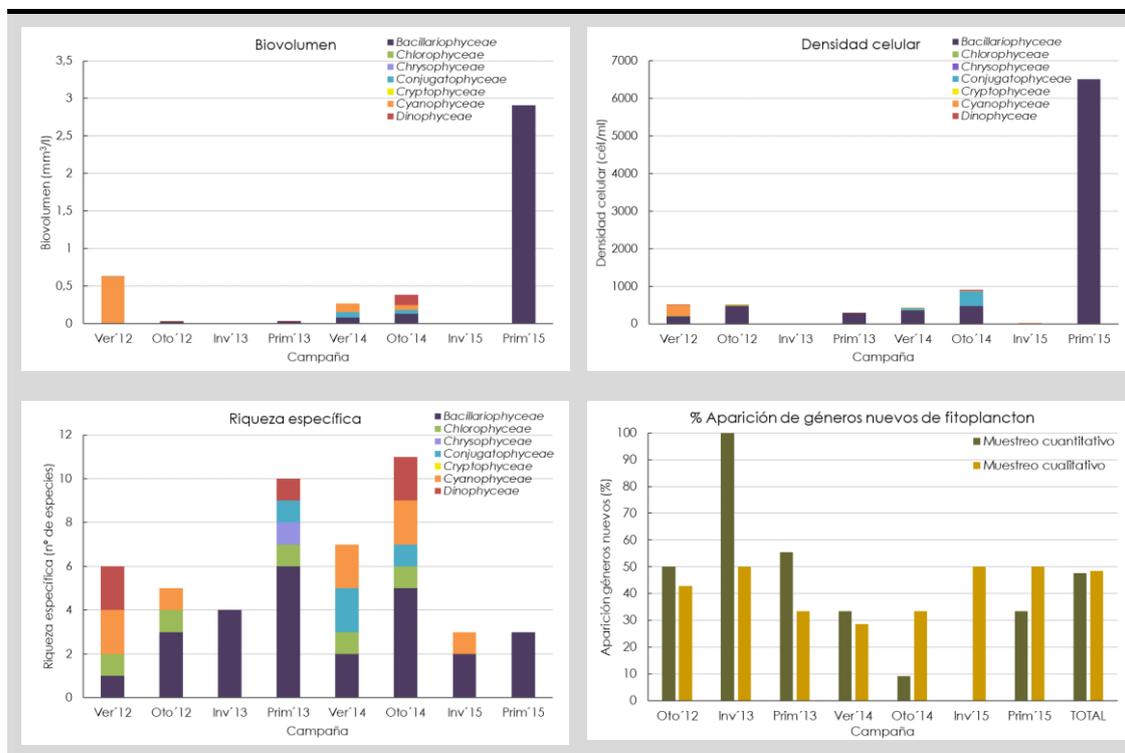


Figura 42. Representación gráfica del biovolumen (mm³/l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de La Barca.

5.1.6. Embalse de Rioseco

5.1.6.1. Variables físico-químicas y biológicas

El perfil vertical del embalse de Rioseco muestra una estratificación con presencia de termoclina en periodos estivales y primaverales, así como en el otoño de 2014, variando la profundidad de la termoclina entre los 2 y los 11 m. La profundidad máxima media de este embalse es de $16,73 \pm 2,02$ m.

Asociada a la estratificación de la columna de agua se produce una disminución en la concentración de oxígeno hipolimnético durante periodos estivales, primaverales y en el otoño de 2014. Mientras que, las concentraciones más altas se relacionan con los periodos invernales caracterizados por la ausencia de termoclina. El promedio de la concentración de oxígeno durante el periodo de estudio es de $8,33 \pm 2,11$ mg/l.

Al igual que en el resto de embalses, existe una marcada estacionalidad en los datos de temperatura, alcanzando valores máximos en torno a 20°C en verano y mínimos de 5°C en invierno.

La transparencia del agua presenta un mínimo de 0,4 m en el invierno de 2015, debido a una elevada turbidez ($15,54 \pm 1,51$ m), por ello, este valor se corrige al estado de bueno (3,1 m) al no correlacionarse con la presencia de floraciones fitoplanctónicas. El máximo registrado se observa en la campaña estival de 2012 con un valor de 4,6 m, obteniéndose un promedio de $3,19 \pm 0,92$ m durante los años 2012-2017.

Las concentraciones de amonio, nitrato, nitrito, fosfato, y silicato presentan gran variabilidad entre las diferentes campañas, pero no se observa un comportamiento homogéneo en cuanto a sus concentraciones máximas y mínimas. El promedio para estos nutrientes durante el periodo de estudio es: amonio, $0,13 \pm 0,26$ mg/l; nitrato $0,68 \pm 0,68$ mg/l; nitrito $0,02 \pm 0,02$ mg/l; fosfato $0,02 \pm 0,03$ mg/l; silicato $2,25 \pm 1,32$ mg/l.

En cuanto a la concentración de nitrógeno total, el valor promedio registrado es de $0,56 \pm 0,42$ mg/l con un máximo de 1,80 mg/l en otoño de 2014. Mientras que la concentración de fósforo total presenta un valor medio de $0,11 \pm 0,12$ mg/l, siendo su valor más elevado el obtenido en la primavera de 2015 e igual a 0,35 mg/l.

Asociado a los máximos de densidad algal de 1.673,66 y 2.300,20 cél/ml en el otoño de 2016 y primavera de 2017, se registran los valores más elevados de clorofila (3,90 µg/l otoño de 2016 y 7,33 µg/l primavera 2017), biovolumen (2,74 mm³/l otoño 2016 y 1,82 mm³/l primavera de 2017) e índice grupos algales (39,20 otoño de 2016 y 124,85 primavera de 2017). En ninguno de los muestreos realizados se detectó la presencia de cianobacterias.

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua:
 variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre
 el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta
 para embalses del norte de España.



Figura 43. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Rioseco.

5.1.6.2. Potencial Ecológico y Estado Trófico

El potencial ecológico del embalse de Rioseco obtenido durante el periodo 2012-2017 es catalogado como de máximo, salvo en el otoño de 2016 y primavera de 2017 que torna a bueno. Este descenso en el potencial ecológico está relacionado con la elevada densidad algal, concentración de clorofila, biovolumen e IGA registrados en ambas campañas, disminuyendo el valor del potencial a 0,69 en la campaña otoñal de 2016 y 0,64 durante la primavera de 2017.

Para la valoración del estado químico se han utilizado los datos procedentes del seguimiento realizado por la CHC en el embalse de Tanes, ya que los embalses Tanes y Rioseco se consideran cómo un sistema interconectado y se asume que presentarán concentraciones similares. Analizando estos datos, el estado químico presenta buen estado, catalogándose el estado de la masa de agua como “Bueno o Mejor”.

Tabla 25. Clasificación del Estado del Embalse de Rioseco.

Embalse de Rioseco												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,99	0,99	0,99	0,99	0,90	0,94	0,96	0,86	0,85	0,69	1,00	0,64
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Bueno	Máximo	Bueno
Estado Químico	Bueno											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

El TSI resultante a lo largo del periodo de estudio, sitúa al embalse de Rioseco en valores generalmente mesotróficos, con un valor máximo de 57,16 en la primavera de 2015 y mínimos de carácter oligotrófico en el invierno de 2013 (39,99) y verano de 2016 (32,79). El valor promedio a lo largo del periodo muestreado es de $47,25 \pm 7,11$.

Del mismo modo, el estado trófico pone de manifiesto un carácter mayoritariamente mesotrófico con periodos alternos oligotróficos, siendo el promedio para este indicador de $3,29 \pm 0,34$.

Por todo ello, la productividad de la masa de agua se categoriza como de moderada sin presentar evidencias de episodios de eutrofización.

Tabla 26. Serie histórica del índice TSI y Estado Tráfico del embalse de Rioseco.

Embalse de Rioseco												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	53,94	51,73	39,99	54,24	42,82	55,51	46,53	57,16	32,79	44,55	41,11	46,69
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.
Estado Tráfico	3,3	3,0	3,8	3,3	3,5	2,8	3,3	2,8	3,8	3,3	3,8	3,3
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.

5.1.6.3. Comunidad de Fitoplancton

La composición taxonómica tanto en términos de biovolumen como de densidad celular y riqueza específica viene definida con una clara predominancia de la clase *Bacillariophyceae*, seguida de la clase *Chrysophyceae* y *Chlorophyceae*. Siendo los grupos con menor representación, *Conjugatophyceae*, *Cryptophyceae* y *Xanthophyceae*.

Se observan dos máximos de abundancia celular en la campañas primaverales (1.383,79 cél/ml en 2013 y 1.250,93 cél/ml en 2015). El máximo registrado en 2015 se asocia a su vez al valor más alto de biovolumen (8,49 cél/ml) y de riqueza específica (13 especies) con una clara predominancia del grupo *Bacillariophyceae* así como una baja presencia de las clases *Cryptophyceae* y *Chlorophyceae*. Sin embargo, el alto valor de abundancia celular de la primavera de 2013 no se asocia a un elevado valor de biovolumen, esto es provocado a que alrededor del 50% de la muestra está formado por el grupo de las crisofíceas, algas típicas de aguas oligotróficas, ligeramente ácidas y con bajo tamaño celular.

No se observan grandes diferencias entre los porcentajes de aparición de géneros nuevos entre los muestreos cualitativos y cuantificados con un promedio aproximado para ambos muestreos en torno al 40%, siendo las mayores diferencias registradas en el invierno del 2015 en donde el porcentaje de aparición del muestreo cuantitativo(50,0%) es, aproximadamente ,un 25% mayor que el registrado en el muestreo cualitativo (28,6%).

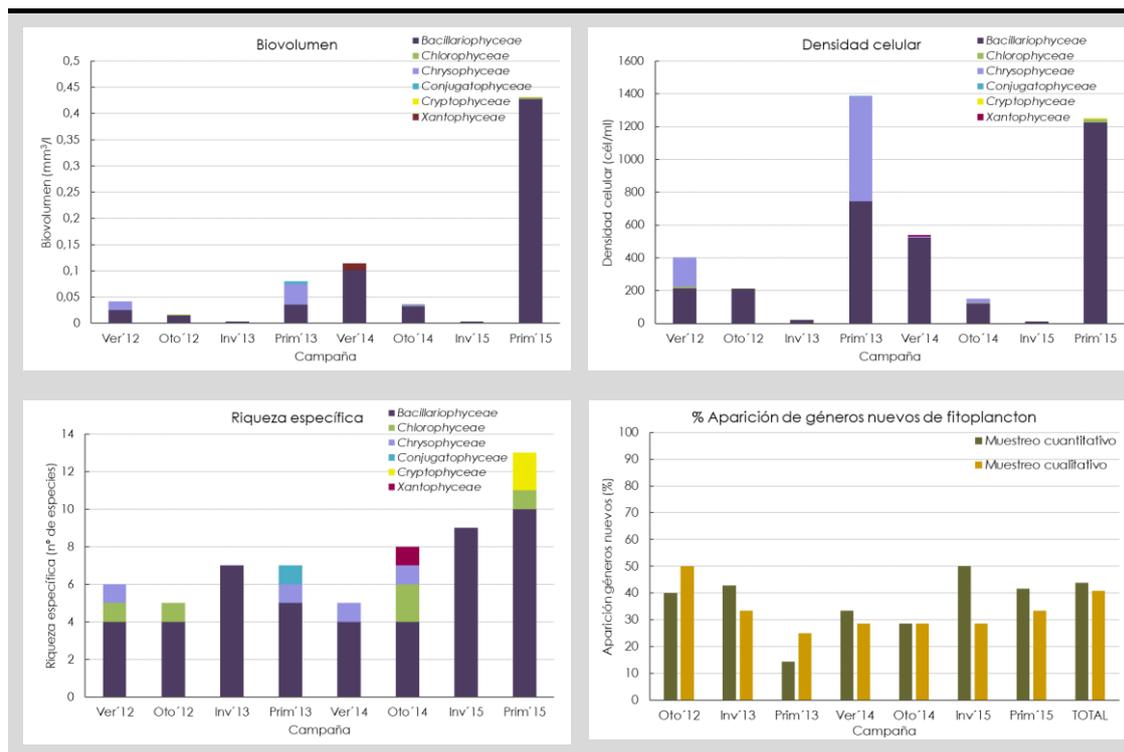


Figura 44. Representación gráfica del biovolumen (mm^3/l), densidad celular ($\text{cél}/\text{ml}$), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Rioseco.

5.1.7. Embalse de Tanes

5.1.7.1. Variables físico-químicas y biológicas

Se observa la presencia de termoclina durante las campañas estivales y primaverales con una profundidad entre los 5 y 9 m, mientras que dicha estratificación no se observa en periodos invernales y otoñales, a excepción de la campaña realizada en otoño de 2016 donde se muestra una estratificación marcada a la profundidad de 25 m.

Acompañada de esta estratificación se produce una disminución en la concentración de oxígeno hipolimnético con valores en torno a 6 y 8 mg/l frente a los 10-11 mg/l registrados en ausencia de termoclina. Siendo el promedio en la concentración de oxígeno durante el periodo 2012-2017 igual a $8,24 \pm 1,69 \text{ mg}/\text{l}$.

Al igual que en el resto de embalses estudiados, existe una marcada estacionalidad de la temperatura con valores máximos en torno a 20°C en verano y mínimos entre los 5 y 10°C en invierno.

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua:
 variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre
 el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta
 para embalses del norte de España.



Figura 45. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Tanes.

La transparencia del agua presenta su valor más bajo (1 m) en el invierno de 2015, asociado a dicho mínimo se registra una elevada turbidez ($14,67 \pm 1,87$ NTU), por lo que dicha transparencia es corregida al valor de bueno (3,1m). La máxima

transparencia se observa en el verano de 2017, alcanzando la profundidad de 7,6 m, siendo el valor promedio para todo el periodo muestreado de $4,58 \pm 1,61$ m

Existe una marcada variabilidad en la concentración de amonio, nitrato, nitrito, fosfato y silicato, así los rangos entre los que se encuentran cada uno de ellos son los siguientes: amonio 0,004-0,75-mg/l; nitrato 0,001-1,42 mg/l, nitrito 0,003-0,15 mg/l, fosfato 0,001-0,15 mg/l y silicato 1,12-3,47 mg/l.

La concentración de fósforo total alcanza su máximo en la primavera de 2015 (0,40 mg/l), seguido de un valor de 0,14 mg/l en el otoño de 2014, siendo el promedio durante el periodo en estudio de $0,09 \pm 0,11$ mg/l. Mientras que, las concentraciones de nitrógeno total son menores con un máximo de 0,80 mg/l en el verano de 2012 y el otoño de 2014, obteniéndose un promedio de $0,55 \pm 0,17$ mg/l.

A lo largo del periodo de estudio, existen indicios de un Bloom fitoplanctónico en el otoño de 2016, en donde se alcanzan los valores más altos de densidad celular (3.496,33 cél/ml), concentración de clorofila a (5,40 μ g/l) y biovolumen (6,29 mm^3 /l); así como un alto valor del índice IGA (27,77), éste último obtiene su máximo (39,80) en la primavera de 2017.

En lo que respecta al porcentaje de cianobacterias no se observa la presencia de este grupo de organismos salvo en la campaña estival de 2012, en la que suponen el 0,56 % del biovolumen total de la muestra.

5.1.7.2. Potencial Ecológico y Estado Trófico

El potencial ecológico del embalse de Tanes obtenido durante el periodo 2012-2017 es catalogado como de máximo, salvo en la primavera de 2015 y el otoño de 2016 en la que la calidad del embalse desciende al estado de bueno.

Este descenso viene propiciado por los altos valores registrados de clorofila (3,30 y 5,40 μ g/l; primavera 2015 y otoño 2016), biovolumen (2,50 y 6,29 mm^3 /l; primavera 2015 y otoño 2016) e índice IGA (4,91 y 27,77; primavera 2015 y otoño 2016) encontrados en ambas campañas, que sitúan su potencial ecológico entre valores de 0,60 y 0,78, coincidiendo además con una alta densidad celular (2.202,78 y 3.496,33 cél/ml; primavera 2015 y otoño 2016),

El estado químico obtenido es catalogado como de "Bueno", por lo que el estado de la masa de agua se califica como de "Bueno o Mejor" a lo largo de todo el periodo de muestreo.

Tabla 27. Clasificación del Estado del Embalse de Tanes.

Embalse de Tanes												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,95	0,99	0,99	0,91	0,90	0,99	0,98	0,78	0,92	0,60	0,96	0,86
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Bueno	Máximo	Bueno	Máximo	Máximo
Estado Químico	Bueno											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

Tanto el TSI como el estado trófico resultante a lo largo del periodo de estudio, sitúa al embalse de Tanes en valores mesotróficos durante los ciclos anuales 2012-2013 y 2014-2015 tomando a oligotrófica en el ciclo anual 2016-2017.

El valor máximo de índice TSI y del estado trófico se obtuvo en la primavera de 2015 (56,31 y 2,8), en donde se registra la mayor concentración de fósforo total (0,35 mg/l). Así mismo, en esta campaña se obtiene un alto valor en la concentración de clorofila. Mientras que el mínimo valor tanto para el TSI como para el estado trófico se observó en el invierno de 2013 (37,87 y 4,0, respectivamente).

Tabla 28. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Tanes.

Embalse de Tanes												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	53,41	47,78	37,87	48,35	45,41	53,07	46,09	56,31	39,81	44,55	38,66	39,83
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.
Estado Trófico	3,3	3,3	4,0	3,0	3,5	3,0	3,8	2,8	3,8	3,3	4,0	3,8
	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.								

5.1.7.3. Comunidad de Fitoplancton

Los resultados muestran como la clase *Bacillariophyceae* es el grupo más representativo con densidades celulares y riquezas específicas que varían entre el mínimo de 2,22 cél/ml y 2 especies en el invierno de 2015 a 2.202,79 cél/ml en la primavera de 2015 y 11 especies, pertenecientes a 6 clases diferentes, en el otoño de 2014. Por el contrario, las clases con una menor representación fueron: Clase *Xanthophyceae* con la presencia de la especie *Tribonema elegans* en el verano de 2014 y la Clase *Cyanophyceae* con el género *Anabaena* sp. en el verano de 2012.

En términos de biovolumen destaca el máximo registrado en la primavera de 2015 asociado a su vez al máximo de abundancia celular, que viene definido por una proliferación de la diatomea colonial *Asterionella formosa*, representando el 79% del total de la densidad celular y el 68% del biovolumen de la muestra.

Sin embargo, no se observa relación entre la alta densidad hallada en la primavera de 2013 (1.711,62 cél/ml) y el biovolumen (0,06 mm³/l), esto se debe a que uno de los grupos con mayor representación es la clase *Chrysophyceae*, específicamente la especie *Dinobryon divergens*, con bajo tamaño celular y que representa el 35% del total de la densidad celular.

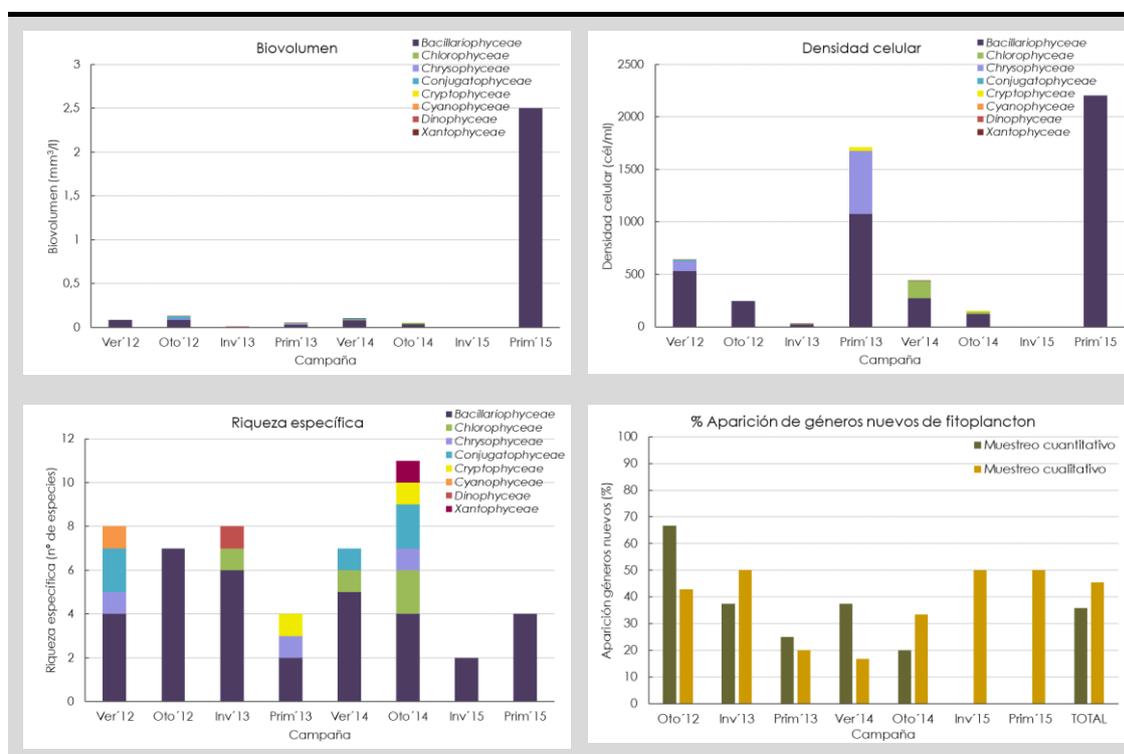


Figura 46. Representación gráfica del biovolumen (mm³/l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Tanes.

El porcentaje de aparición de géneros nuevos no muestra una tendencia clara entre campañas ni entre el tipo de muestreo, el rango de aparición oscila entre el 0% y 66,67% en el muestreo cuantitativo, siendo el promedio de 35,83 ligeramente inferior al obtenido en el muestreo cualitativo que alcanza el valor de 45,36%, con un rango de variación de entre el 16,67% al 50%.

5.1.8. Embalse de Saliencia

5.1.8.1. Variables físico-químicas y biológicas

No se observa estratificación de la columna de agua, obteniéndose unos perfiles de temperatura y oxígeno disuelto homogéneos con la profundidad. Esto concuerda con las características de la masa de agua al tratarse de un embalse fluyente de poca profundidad ($3,74 \pm 0,67$ m).

Existe una marcada estacionalidad en los datos de temperatura registrados en la columna de agua con temperaturas mínimas (menores a 10°C) en invierno y máximas (en torno a 15°C) en verano, mientras que la temperatura en otoño y primavera ronda aproximadamente los 10 °C.

Dada la ausencia de estratificación en la columna de agua y su carácter fluyente, no se observa una disminución en la concentración de oxígeno en la columna de agua, oscilando entre 12,88 (invierno 2013) y 7,39 mg O₂/l (otoño 2012), existiendo una ligera tendencia a incrementarse en periodos invernales. El promedio de la concentración de oxígeno del periodo completo es de $9,97 \pm 1,42$ mg/l.

La transparencia del agua medida con el Disco de Secchi varía entre un máximo de 4,5 m registrado en primavera de 2013 y un mínimo de 1,1 y 1,8 m en el invierno de 2013 y 2015, respectivamente. Estos dos últimos valores fueron corregidos al límite de clase de bueno (3,1 m), dado que la baja transparencia fue consecuencia de la elevada turbidez registrada y no de la presencia de un bloom fitopláctonico.

En lo que respecta a la concentración de amonio, nitrato, nitrito, fosfato y silicato, se observa una gran variabilidad en la disponibilidad de estos nutrientes en el medio, pero no se aprecia una tendencia general entre ellos, así las concentraciones máximas halladas son: amonio 0,83 mg/l en la primavera de 2013; nitrato 2,43 mg/l y fosfato 0,033 mg/l en el otoño de 2014; nitrito 0,09 mg/l en el verano de 2014 y silicato 4,09 mg/l en el invierno de 2015. Siendo las concentraciones promedio del periodo muestreado: $0,16 \pm 0,25$ mg/l de amonio;

0,66 ± 0,72 mg/l de nitrato; 0,01 ± 0,03 mg/l de nitrito; 0,01 ± 0,01 mg/l de fosfato y
 1,78 ± 1,03 mg/l de silicato.

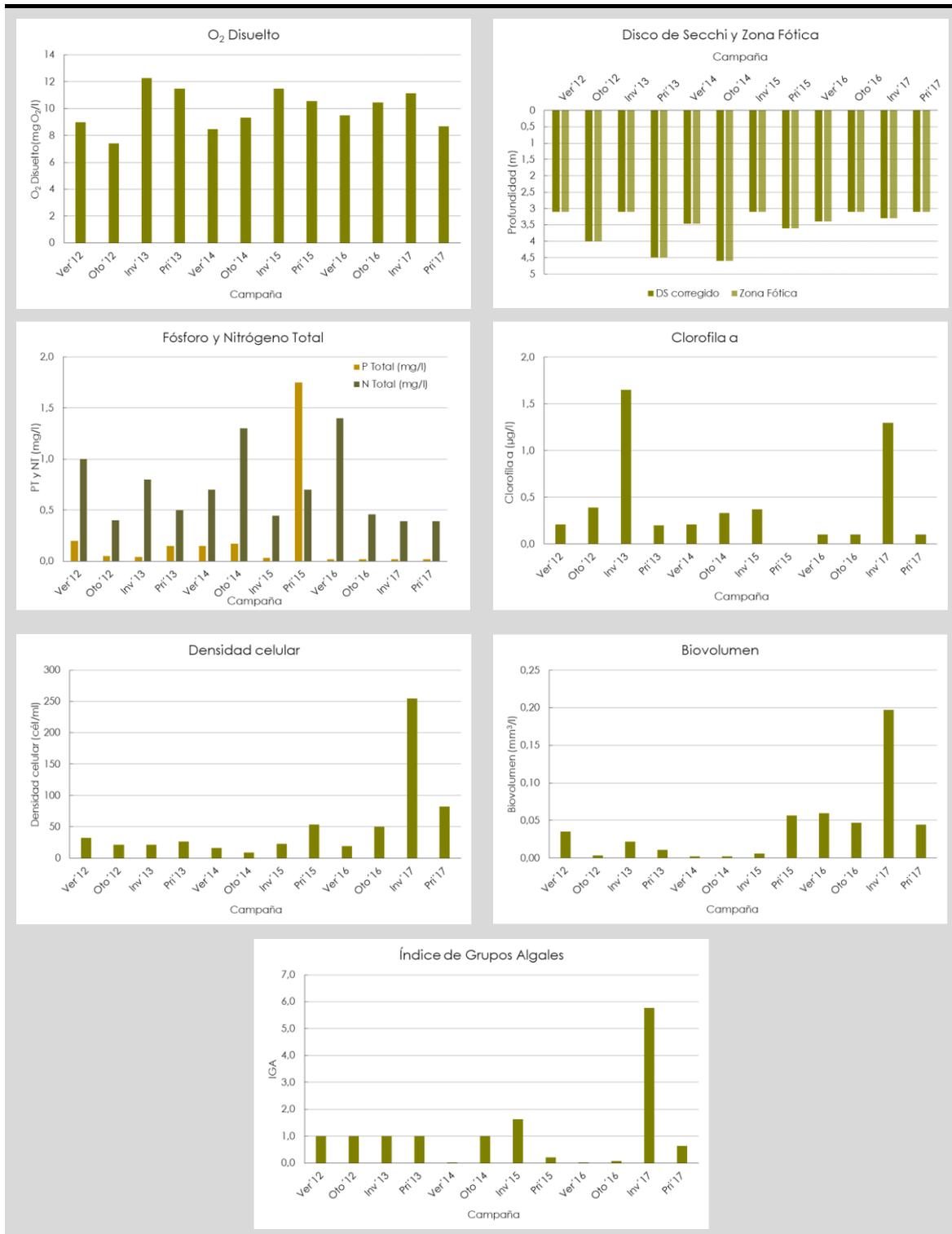


Figura 47. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Saliencia.

La concentración total de nitrógeno oscila entre valores inferiores a 0,39 mg/l en la campaña de 2017 y 1,40 mg/l en verano de 2016, siendo el valor promedio del periodo analizado de $0,71 \pm 0,36$ mg/l. Mientras que, la concentración promedio de fosforo total, nutriente limitante e indicador de eutrofización, presenta una concentración promedio de $0,22 \pm 0,49$ mg/l, observándose una concentración mínima durante las campañas de 2016 y 2017 y un máximo de 1,75 mg/l en primavera de 2015.

La concentración de clorofila a alcanza su máximo valor en invierno de 2013 (1,65 $\mu\text{g/l}$) y en invierno de 2017 (1,30 $\mu\text{g/l}$) y un mínimo de 0,1 $\mu\text{g/l}$ durante las campañas de 2016 y primavera de 2017. El valor promedio obtenido durante el periodo 2012-2017 es de $0,42 \pm 0,49$ $\mu\text{g/l}$.

Asociado al máximo de clorofila a en el invierno de 2017, se registran los valores más altos de densidad celular (254,54 cél/ml), biovolumen (0,197 mm^3/l) e índice de grupos algales (35,76). Siendo el promedio para estos parámetros biológicos durante el periodo 2012-2017, $284,80 \pm 271,37$ cél/ml, $0,61 \pm 0,89$ mm^3/l y $0,91 \pm 0,86$.

De manera general, los parámetros biológicos muestran valores bajos en comparación con otros embalses, esto podría deberse a su carácter fluyente lo que no propiciaría el establecimiento y desarrollo de una comunidad fitoplanctónica estable y perdurable en el tiempo.

5.1.8.2. Potencial ecológico y estado trófico

El potencial ecológico del embalse de Saliencia es catalogado de máximo para todas las campañas realizadas, no observándose indicios ni episodios de eutrofización. Dicho potencial obtiene un valor promedio de $0,99 \pm 0,02$.

El estado químico de la masa de agua es de bueno para todo el periodo de estudio, por lo que el estado de la masa de agua se determina como de "Bueno o Mejor".

El TSI resultante en el histórico de datos categoriza el embalse de Saliencia como mesotrófico en el periodo comprendido entre 2012 – 2014 y oligotrófico durante los años 2015, 2016 y 2017, salvo en el invierno de 2017 donde vira a mesotrófico. Los valores de TSI oscilan entre un máximo de 54,60 alcanzado en el verano de 2013 y un valor mínimo de 27,61 en primavera de 2015.

Tabla 29. Clasificación del Estado del Embalse de Saliencia.

Embalse de Saliencia												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,93	1,00
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
Estado Químico	Bueno											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

Sin embargo, según el estado trófico, el embalse de Saliencia se caracteriza por ser un embalse de tipo oligotrófico durante el periodo 2012-2015 tornando a ultraoligotrófico durante el ciclo anual 2016-2017, alcanzando un valor promedio para todo el periodo de estudio de $3,94 \pm 0,23$.

Tabla 30. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Saliencia.

Embalse de Saliencia												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	46,51	40,65	48,26	43,18	44,59	45,31	39,25	27,61	32,58	33,02	41,11	33,02
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.
Estado Trófico	3,8	4,0	3,8	3,8	3,8	3,8	4,3	3,8	4,3	4,3	3,8	4,3
	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Ult.	Olig.	Ult.	Ult.	Olig.	Ult.

5.1.8.3. Comunidad de fitoplancton

La composición taxonómica de la comunidad de fitoplancton en el embalse de Saliencia muestra un marcado predominio de la clase Bacillariophyceae, suponiendo entre el 92,4% y el 100% de la densidad celular y entre el 68,3% y 100% del biovolumen total de la muestra.

No se observa relación entre los máximos de biovolumen y densidad celular, siendo el valor más alto de biovolumen registrado en el verano de 2012 y el de

concentración celular en primavera de 2015. Esta diferencia es debida a la diferente composición específica de la muestra, ya que aunque en ambas campañas existe un marcado dominio de la clase *Bacillariophyceae*, las especies presentes en la primavera de 2015, pertenecientes la mayor parte a los géneros *Navicula sp.* y *Nitzschia sp.* poseen menor tamaño que las encontradas en el verano de 2012.

Las clases menor representadas fueron: *Chrysophyceae* presente en el otoño de 2012 e invierno de 2013, *Cyanophyceae* registrada en el otoño de 2012 y primavera de 2015 y *Dinophyceae* cuya presencia solo se registró en el otoño de 2012.

La aparición de géneros nuevos en las muestras obtenidas para el análisis cualitativo del fitoplancton oscila entre el 0% en el verano de 2014 y 85,71% en la otoño de 2012, siendo el promedio para todo el periodo de estudio del 45,62%. Mientras que las muestras cuantitativas alcanzan un valor total, ligeramente superior, del 53,39%, con un rango comprendido entre el 14,29% en el invierno de 2015 y un máximo del 100% en el otoño de 2012.

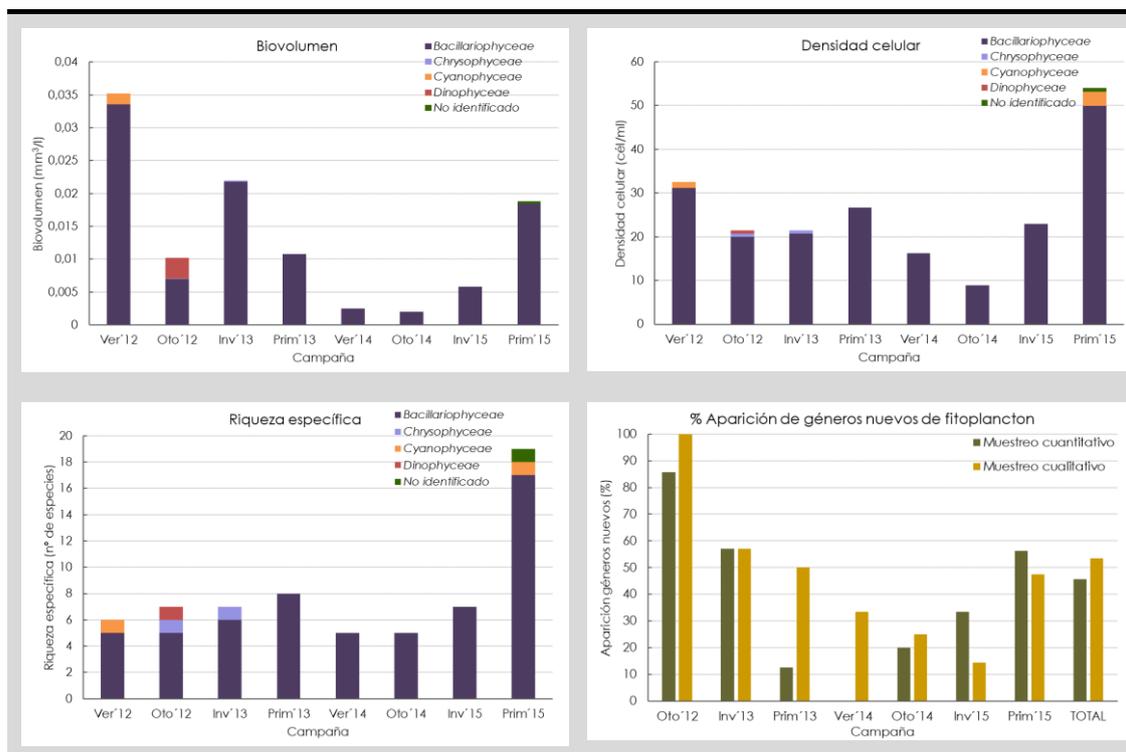


Figura 48. Representación gráfica del biovolumen (mm^3/l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Saliencia.

5.1.9. Embalse de Somiedo

5.1.9.1. Variables físico-químicas y biológicas

El embalse de Somiedo con una profundidad máxima media de $1,81 \pm 0,31$ y de carácter fluyente no presenta estratificación de la columna en agua en ninguna de las campañas realizadas.

Dada la ausencia de estratificación no se observa una disminución en la concentración de oxígeno en la columna de agua, oscilando entre 12,23 (invierno 2013) y 6,21 mg O₂/l (otoño 2012). El promedio de la concentración de oxígeno del periodo completo es de $10,09 \pm 1,49$ mg/l.

La transparencia del agua y, por consiguiente, el espesor de la zona fótica coincide con la profundidad máxima en cada una de las campañas realizadas, dado que la transparencia del agua adquiere valores muy bajos debido a la escasa profundidad del embalse, los valores han sido corregido para el cálculo del estado trófico.

Se observa una marcada variabilidad en la disponibilidad de nutrientes entre las campañas realizadas, siendo las concentraciones medias para cada uno de los nutrientes: $0,06 \pm 0,11$ mg NH₄/l; $0,63 \pm 0,56$ mg NO₃/l, $0,01 \pm 0,01$ mg NO₂/l, $0,01 \pm 0,02$ mg PO₄³⁻/l y $1,94 \pm 1,20$ mg SiO₂/l.

Existe una marcada diferencia en la concentración de nitrógeno total entre campañas, registrándose un máximo de 8,60 mg/l en la primavera de 2013 y un mínimo de 0,300 en otoño de 2012, siendo el valor promedio para todo el periodo de estudio de $1,27 \pm 2,33$ mg/l. Mientras que la concentración de fósforo total alcanza su valor más elevado en la primavera de 2015 (0,820 mg/l), disminuyendo este valor a 0,02 mg/l en el ciclo anual 2016-2017.



Figura 49. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Somiedo.

La concentración de clorofila es inferior a 1 µg/l, salvo en el invierno de 2013 en donde se alcanza el valor de 2,28 µg/l, este máximo no se correlaciona con el resto de parámetros biológicos. Sin embargo, en la primavera de 2017, la densidad algal se correlaciona de manera positiva con el índice de grupos algaes, obteniéndose

los valores más altos para ambos parámetros (densidad celular: 185,96 cél/ml; IGA: 4,18). Del mismo modo, en dicha campaña, se observa uno de los mayores biovolúmenes obtenidos en este embalse, aunque el máximo se registra en invierno de 2017 (0,213 mm³/l).

Al igual que ocurre en el embalse de Saliencia, los parámetros biológicos muestran valores bajos en comparación con otros embalses, esto podría deberse a que ambos presentan un carácter fluyen lo que podría impedir el establecimiento de las comunidades de fitoplancton.

5.1.9.2. Potencial ecológico y estado trófico

El potencial ecológico del embalse de Somiedo es catalogado de máximo para todas las campañas realizadas, no observándose indicios ni episodios de eutrofización. Dicho potencial obtiene un valor promedio de $0,97 \pm 0,05$. Durante todo el periodo estudiado el valor del potencial ecológico es superior a 0,90, a excepción de la campaña primaveral de 2013 donde obtiene un valor de 0,81, debido a la alta presencia de cianobacterias (67,84% del biovolumen total), que sitúan su RCE normalizado para este parámetro en 0,27.

El estado químico de la masa de agua es de bueno en todas las campañas, por lo que el estado de la masa de agua se determina como de "Bueno o Mejor".

Tabla 31. Clasificación del Estado del Embalse de Somiedo.

Embalse de Somiedo												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,98	0,99	0,99	0,88	1,00	0,99	1,00	0,92	1,00	1,00	0,97	0,95
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
Estado Químico	Bueno											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

El TSI del embalse de Somiedo se cataloga como mesotrófico durante el periodo 2012-2015. Mientras que, a partir de 2016 el estado vira a la categoría de oligotrófico. Lo que indica una productividad media-baja de la columna de agua. Sin embargo, el estado trófico muestra una menor productividad de esta masa de

agua con un periodo claramente oligotrófico durante 2012-2015, disminuyendo a ultraoligotrófico en el año 2016 y recuperando el carácter oligotrófico en el 2017.

Tabla 32. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Somiedo.

Embalse de Somiedo												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	51,84	41,12	53,24	45,92	43,15	44,51	42,21	50,15	32,58	33,02	37,72	33,02
	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.							
Estado Trófico	3,8	4,0	3,5	3,8	3,8	3,8	4,0	3,8	4,3	4,3	4,0	4,0
	Olig.	Ult.	Ult.	Olig.	Olig.							

5.1.9.3. Comunidad de fitoplancton

Los resultados muestran como la clase *Bacillariophyceae* es el grupo más representativo en todos los muestreos realizados tanto al analizar el biovolumen total de la muestra como la abundancia celular y la riqueza específica. Esta clase representa desde el 76,7% al 100% de densidad celular y del 31,2% al 100% del biovolumen total.

La siguiente clase con mayor abundancia y biovolumen, aunque sólo se observó en los muestreos primaverales de 2013 y 2015, fue la clase *Cyanophyceae*. Destaca la diferencia que existe entre ambas campañas, ya que aunque en la primavera de 2013 tan sólo se registra una densidad celular de 2,22 cél/ml el porcentaje de biovolumen asciende al 67,9%, frente al 18,4% con una abundancia de 26,58 cél/ml en la primavera de 2015. Esta diferencia en el biovolumen de dicho grupo se debe a que el género hallado en la primavera de 2013, *Oscillatoria* sp., posee un tamaño celular muy superior a las encontradas en la primavera de 2013 (*Spirullina* sp. y *Limnothrix* sp.).

Como grupos minoritarios fueron las crisofíceas y dinoflagelados, con la presencia de una sola especie para ambos grupos, siendo éstas *Dinobryon divergens* y *Peridinium cinctum*, respectivamente y evidenciándose tan solo en las campañas otoñales de 2012 y 2014.

La mayor diversidad de especies se registra en la primavera de 2015 con un total de 18 especies de las cuales 16 pertenecen a la clase *Bacillariophyceae*, con especies de carácter cosmopolita y características de aguas continentales como *Fragilaria crotonensis*, *Tabellaria*, sp., *Navicula* sp., *Diatoma* sp. etc.

La aparición de géneros nuevos fue generalmente superior en las muestras recogidas para el análisis cualitativo del fitoplancton, a excepción de los muestreos realizados en 2015 (invierno y primavera). Las tasas de aparición en el muestreo cualitativo del fitoplancton varían entre el 14,29 y el 100% con una total igual al 53,39%. Mientras que, en las muestras de carácter cuantitativo dichas tasas oscilan entre el 0y el 71,43%, siendo el promedio del periodo de estudio de 37,49%.

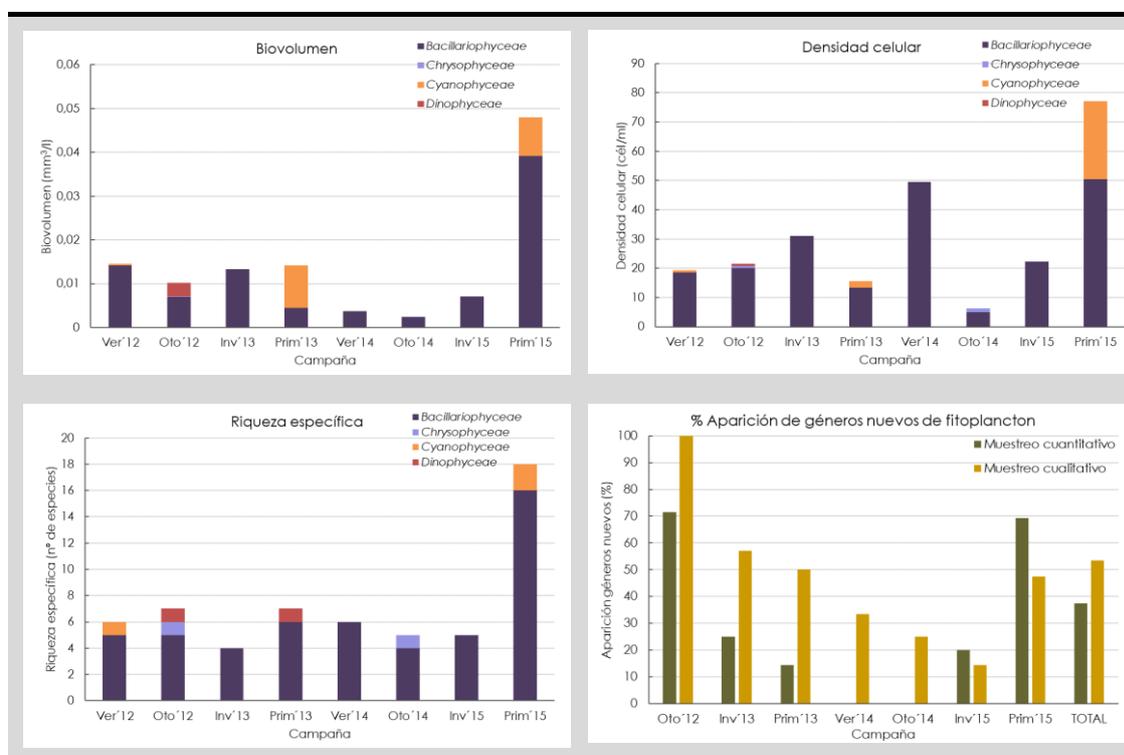


Figura 50. Representación gráfica del biovolumen (mm^3/l), densidad celular ($\text{cél}/\text{ml}$), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Somiedo.

5.1.10. Embalse de Valle I

5.1.10.1. Variables físico-químicas y biológicas

El embalse de Valle I muestra estratificación en periodos estivales con la presencia de una termoclina superficial entre los 0,5-1,5 m de profundidad. Dicho embalse posee una profundidad máxima media de $4,63 \pm 0,56$ m.

Dada la baja profundidad a la que se localiza la termoclina no se registra un descenso de la concentración de oxígeno hipolimnético, obteniéndose una concentración media de $9,62 \pm 0,97$ mg/l.

Existe una marcada estacionalidad en los datos de temperatura registrados en la columna de agua con temperaturas mínimas (entre 5 y 10°C) en invierno y máximas (en torno a 20°C) en verano.

La transparencia del agua medida con el Disco de Secchi varía entre un máximo de 5,40 m registrado en el verano de 2016 y un mínimo de 0,8 m en el invierno de 2013. Este mínimo fue corregido al valor de bueno de 3,1 m, dado que la baja transparencia fue consecuencia de la elevada turbidez ($24,07 \pm 1,75$ NTU).

Se observa una marcada variabilidad en la disponibilidad de nutrientes entre las campañas realizadas, siendo las concentraciones medias para cada uno de los nutrientes: $0,13 \pm 0,22$ mg NH₄/l; $0,47 \pm 0,44$ mg NO₃/l, $0,01 \pm 0,01$ mg NO₂/l, $0,01 \pm 0,01$ mg PO₄³⁻/l y $2,04 \pm 2,42$ mg SiO₂/l. Destaca la elevada concentración de silicato (9mg/l) en el verano de 2014 y de nitrato (1,51 mg/l) en el invierno de 2015..

Existe una marcada diferencia en la concentración de nitrógeno total entre campañas, registrándose un máximo de 3,20 mg/l en la primavera de 2013 y un mínimo de 0,10 mg/l en el verano de 2014, siendo el valor promedio para todo el periodo de estudio de $0,83 \pm 0,89$ mg/l. Mientras que la concentración de fósforo total alcanza su valor más elevado en la primavera de 2015 (0,36 mg/l), disminuyendo este valor a 0,02 mg/l en las campañas llevadas a cabo en 2016 y 2017.

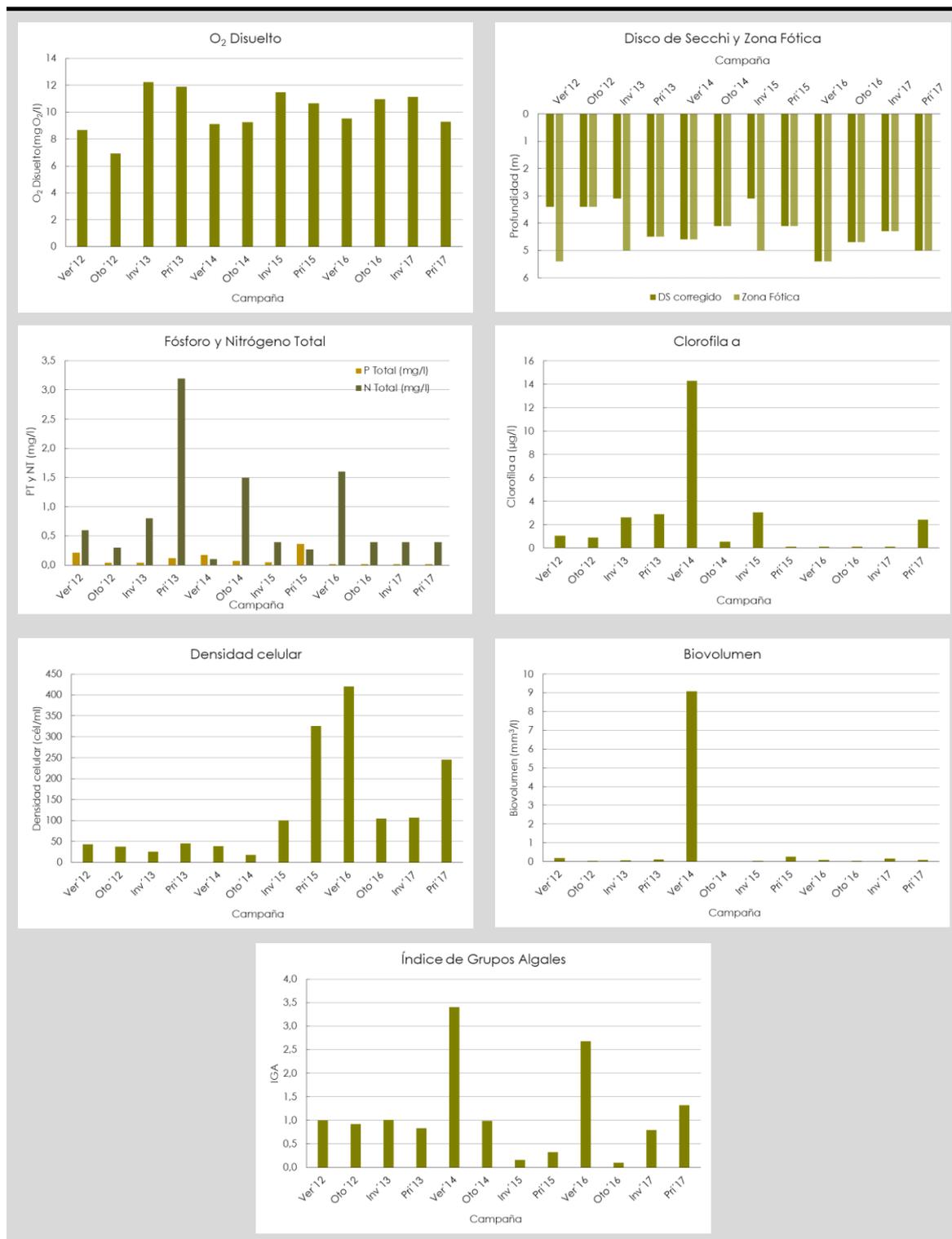


Figura 51. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Valle I.

Los parámetros biológicos clorofila a, biovolumen e índice IGA muestran un acusado aumento en el verano de 2014, con valores máximos de 14,29 µg/l, 9,08 mm³/l y 3,40, respectivamente. Sin embargo, la densidad algal del fitoplancton no

indica la presencia de un bloom, alcanzando su valor más elevado en el verano de 2016 (420,72 cél/ml).

La composición de la comunidad fitoplanctónica no se caracteriza por una elevada presencia de cianobacterias, siendo el valor más alto de 12,31% en invierno del 2017.

5.1.10.2. Potencial ecológico y estado trófico

El potencial ecológico del embalse de Somiedo es catalogado de máximo para todas las campañas realizadas, salvo en el verano de 2014 donde la calidad disminuye a moderada. Este descenso de la calidad viene determinado por una concentración muy alta de clorofila a (14,29 µg/l) y un biovolumen elevado (9,08 mm³/l) , que sitúan el RCE de biomasa en un valor de 0,2, disminuyendo el índice de potencial ecológico a 0,56.

El estado químico no presenta datos como para poder realizar una evaluación, por lo que el estado de la masa de agua se determina únicamente con el valor del potencial ecológico calificándose, como de "Bueno o Mejor" a lo largo de todo el periodo de muestreo.

Tabla 33. Clasificación del Estado del Embalse de Valle I.

Embalse de Valle I												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,99	1,00	0,99	0,98	0,56	0,99	0,98	0,98	0,96	1,00	0,95	0,98
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Moderado	Máximo						
Estado Químico	-											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

El TSI clasifica al embalse Valle I como de mesotrófico en el periodo comprendido entre 2012-2015, tornando a oligotrófico en el ciclo anual 2016-2017. Destacar que asociado al descenso en el potencial ecológico del verano de 2014, se observa el mayor valor de TSI con un valor de 57,73, cercano al límite marcado para la categoría de eutrófico (60). Sin embargo, el estado trófico muestra un claro

comportamiento oligotrófico de esta masa de agua con tan sólo dos periodos mesotróficos en la primavera de 2013 y el verano de 2014.

Tabla 34. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Valle I.

Embalse de Valle I												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	51,50	43,62	47,00	50,83	57,64	43,15	48,58	45,57	30,35	31,02	31,45	41,12
	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.							
Estado Trófico	3,5	3,8	3,5	3,3	3,0	4,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	3,8
	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Mes.	Olig.						

5.1.10.3. Comunidad de fitoplancton

El embalse de Valle I presenta una de las mayores diversidades con 8 clases diferentes y la presencia del único registro de la clase *Ulvophyceae* con ejemplares del género *Ulothrix*.

Al igual que en los embalses descritos con anterioridad la clase *Bacillariophyceae* se observa en todas las campañas realizadas y presenta riquezas específicas elevadas, siendo el máximo encontrado en la primavera de 2015 con un total de 33 especies de las cuales 29 pertenecen a dicha clase. Por el contrario, la menor riqueza específica se registra en la campaña otoño de 2012 con un total de 4 especies pertenecientes a 3 grupos diferentes (*Bacillariophyceae*, *Chrysophyceae* y *Dinophyceae*).

Sin embargo aunque esta clase predomina en la mayoría de las campañas con máximos entre el 75 y 100% (verano de 2012 y 2014; invierno de 2013 y 2015; otoño de 2014) del total de la abundancia celular, también se evidencia una contribución importante de otros grupos como ocurre en el otoño de 2012 con la clase *Dinophyceae* (43% del total), primavera de 2015 con la clase *Cyanophyceae* (33%) o en la primavera de 2013 donde domina la clase *Conjugatophyceae* es del 66%.

Cuando se analiza la composición taxonómica del fitoplancton en base al biovolumen ocupado por las diferentes clases, se observa como el máximo de 9,09 mm³/l, se registra en verano de 2014. Este valor no se relaciona con el máximo de

densidad celular de 325,24 cél/ml contabilizadas en la primavera de 2015. Esta discrepancia viene definida por las clases y así los géneros dominantes en cada una de las campañas. Mientras que en el verano de 2014 existe una notable dominancia de la género *Spirogyra sp.* (clase *Conjugatophyceae*) con un tamaño celular alto, en la campaña primaveral de 2015 las especies predominantes, englobadas en los grupos de cianobacterias y diatomeas, poseen un tamaño celular mucho más bajo.

La aparición de géneros nuevos es generalmente superior en las muestras cualitativas, a excepción de los periodos invernales en 2013 y 2015. Sin embargo, para ambos muestreos se observa como el promedio de aparición es aproximadamente del 50%, con rangos que oscilan entre el 22,22% al 75% para el muestreo cuantitativo y del 16,67% al 80% en el muestreo de tipo cualitativo.

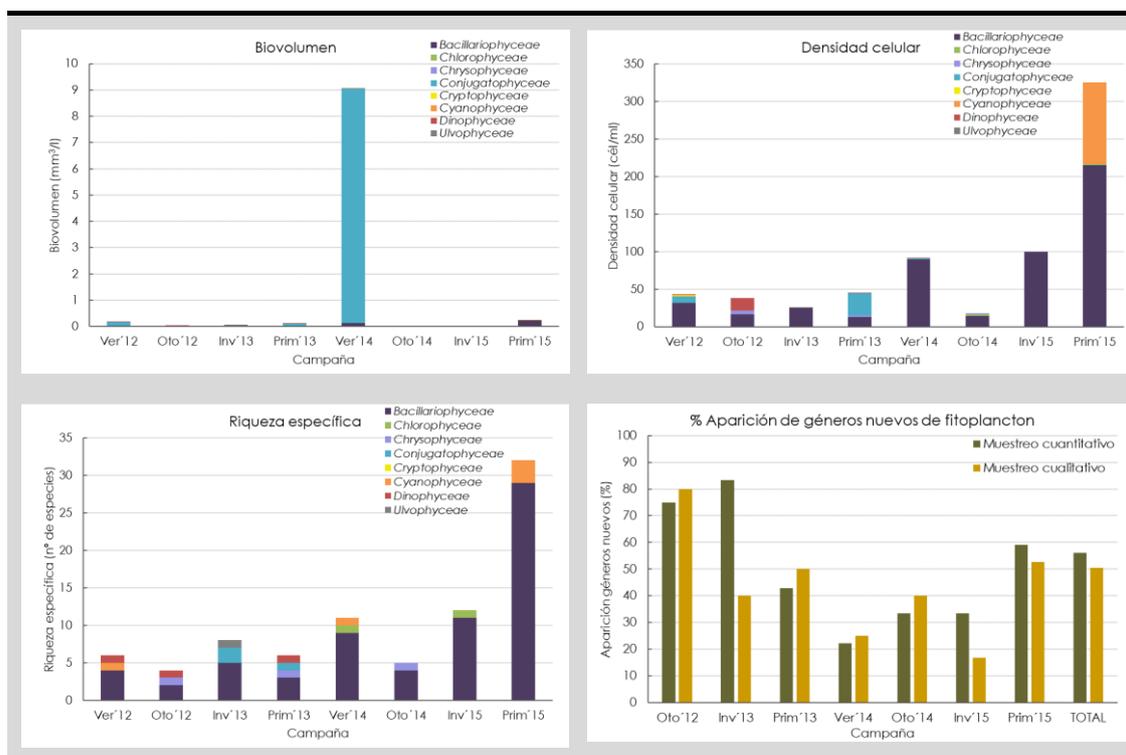


Figura 52. Representación gráfica del biovolumen (mm^3/l), densidad celular (cél/ml), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Valle I.

5.1.11. Embalse de Valle II

5.1.11.1. Variables físico-químicas y biológicas

El perfil del embalse de Valle II presenta una estratificación durante los periodos estivales y primaverales, con una termoclina entre los 4-9 m. Sin embargo, a pesar

de esta estratificación no se observa una disminución del oxígeno hipolimnético con la profundidad, siendo el valor promedio de $9,37 \pm 1,71$ mg/l.

La transparencia del agua presenta un mínimo de 2,5 m en el otoño de 2012 y un máximo de 10,2 m en el verano de 2012, obteniéndose un promedio de la profundidad de la zona fótica de $12,91 \pm 5,46$ m.

En lo que respecta a la concentración de nutrientes (amonio, fosfato, nitrato nitrato y silicato), no se observan elevadas concentraciones durante el periodo muestreado alcanzando los siguientes valores promedio: amonio $0,11 \pm 0,19$ mg/l; fosfato $0,03 \pm 0,08$ mg/l; nitrato $0,20 \pm 0,23$ mg/l, nitritos $0,01 \pm 0,02$ mg/l y silicato $0,63 \pm 0,47$ mg/l.

Destaca la alta concentración de nitrógeno total registrada en el invierno de 2016 que asciende a 16,70 mg/l, mientras que el resto de campañas la concentración disminuye a concentraciones menores a 1 mg/l, salvo en la primavera de 2013 (3,60 mg/l) y otoño de 2014 (4,90 mg/l). Mientras que, el fósforo total presenta un máximo de 0,36 mg/l en el otoño de 2014 y valores inferiores a 0,02 mg/l durante los muestreos llevados a cabo en 2016 y 2017.

Los datos reflejan como en la primavera del 2015 se produce un ascenso tanto en el número de organismos fitoplanctónicos (595,35 cél/ml), como en la concentración de clorofila (3,40 µg/l) y el biovolumen (1,17 mm³/l). Este episodio es coincidente con una de las concentraciones más altas de fósforo total (0,27 mg/l) registradas para este embalse, por todo ello, se evidencia un episodio de bloom algal.

En cuanto al porcentaje de aparición de cianobacterias, cabe destacar que estos organismos sólo son hallados en el invierno de 2015 con un valor de 6,45%.

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua:
 variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre
 el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta
 para embalses del norte de España.



Figura 53. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Valle II.

5.1.11.2. Potencial ecológico y estado trófico

El potencial ecológico del embalse de Valle II es catalogado como de máximo para todo el periodo de muestreo, siendo el valor promedio igual a $0,98 \pm 0,05$. Se observa una pequeña desviación en la primavera del 2015, donde el potencial alcanza un valor de 0,83 a consecuencia de un elevado biovolumen ($1,17 \text{ mm}^3/\text{l}$) y concentración de clorofila ($3,40 \mu\text{g}/\text{l}$), coincidentes con una elevada densidad celular ($595,35 \text{ cél}/\text{ml}$) que evidencian una proliferación de organismos fitoplanctónicos.

El estado químico no presenta datos, por lo que el estado del embalse Valle II se determina únicamente mediante el valor del potencial ecológico calificándose, como de “Bueno o Mejor” para todo el periodo estudiado.

Tabla 35. Clasificación del Estado del Embalse de Valle II.

Embalse de Valle II												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	1,00	0,97	0,99	0,99	1,00	0,96	0,98	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
Estado Químico	-											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR											

El TSI clasifica al embalse de Valle II como mesotrófico durante los ciclos anuales 2012-2013 y 2014-2015, cambiando a oligotrófico en el último ciclo anual estudiado (2016-2017). El valor promedio del índice TSI es igual a $44,34 \pm 8,11$, indicando una productividad moderada de esta masa de agua.

El estado trófico presenta una mayor variabilidad que el índice TSI, siendo generalmente clasificado como oligotrófico, con dos periodos mesotróficos en el otoño de 2012 y 2016, y un periodo ultraoligotrófico en el verano de 2016.

Tabla 36. Serie histórica del índice TSI y Estado Tráfico del embalse de Valle II.

Embalse de Valle II												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	51,82	50,54	42,50	47,78	42,33	57,73	45,91	53,19	28,17	38,54	37,11	35,48
	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.							
Estado Tráfico	3,5	3,3	3,8	3,8	4,0	3,0	3,5	3,3	4,5	3,8	4,0	4,0
	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Ult.	Olig.	Olig.	Olig.

5.1.11.3. Comunidad de fitoplancton

Asociado al máximo valor de abundancia celular (595,35 cél/ml) se asocia el valor más alto de biovolumen (1,17 mm³/l) con una notable dominancia del grupo *Bacillariophyceae*, clase taxonómica registra en todas las campañas realizadas.

Los dinoflagelados también representan una parte importante del biovolumen total de las muestras, siendo en torno al 80 y 90% en el verano de 2012 y 2014 y primavera de 2013. Así mismo dicho grupo se observa en casi la totalidad de las campañas, salvo en el invierno de 2015 donde el 100% tanto del biovolumen como de la densidad celular y la riqueza específica pertenece al grupo de las bacilariofíceas.

Otro grupo que aparece con alta frecuencia es el de las clorofíceas, siendo dominante en el verano de 2014 con una densidad celular del 13,87 cél/ml que supone el 53% del total de la abundancia. Sin embargo, aunque la abundancia es significativamente superior que la registrada para el grupo de los dinoflagelados (8,34 cél/ml), el biovolumen que aporta la especie *Scenedesmus bijuga*, perteneciente a la clase *Chlorophyceae*, es tan solo del 12% frente al 85% de los dinoflagelados encontrados con especies de elevado volumen celular como *Ceratium hirundinella* y *Peridinium sp.*

La máxima riqueza específica se asocia al máximo de biovolumen y densidad celular en la primavera de 2015, con un total de 20 especies de las cuales 18 pertenecen al grupo *Bacillariophyceae*. Mientras que, tan sólo se registra la presencia de la especie de diatomea pennada *Amphora sp.* en el invierno del 2015.

La tasa de aparición de fitoplancton muestra una marcada variabilidad en función de la campaña realizada así como del tipo de muestreo llevado a cabo. Se registra un promedio del 35,67% para el muestreo cuantitativo, con un rango de oscilación de entre la no aparición de nuevos géneros en la campaña invernal de 2015 a un máximo del 40% en el otoño del 2012 y primavera del 2015. Para el muestreo de fitoplancton cualitativo, el promedio encontrado a lo largo de los muestreos comprendidos entre 2012 y 2015 es del 47,98%, con un valor mínimo en la primavera de 2015 del 12,50% y el máximo del 100% en la campaña otoñal de 2012.

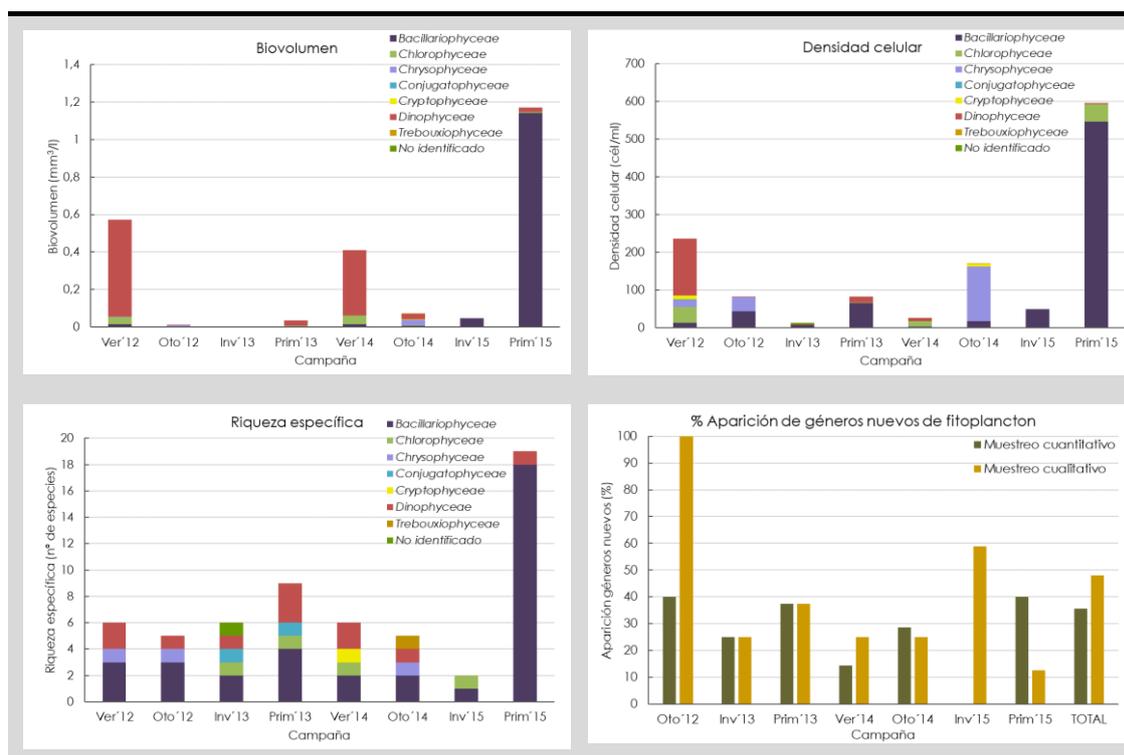


Figura 54. Representación gráfica del biovolumen (mm^3/l), densidad celular ($\text{cél}/\text{ml}$), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Valle II.

5.1.12. Embalse de Salime

5.1.12.1. Variables físico-químicas y biológicas

El perfil del embalse de Salime presenta una marcada estratificación en periodos estivales y primaverales con la presencia de una termoclina entre los 5-11 m. Mientras que, durante las campañas otoñales dicha estratificación se presenta en capas más profundas con rangos entre 40 y 50m.

El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua: variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta para embalses del norte de España.

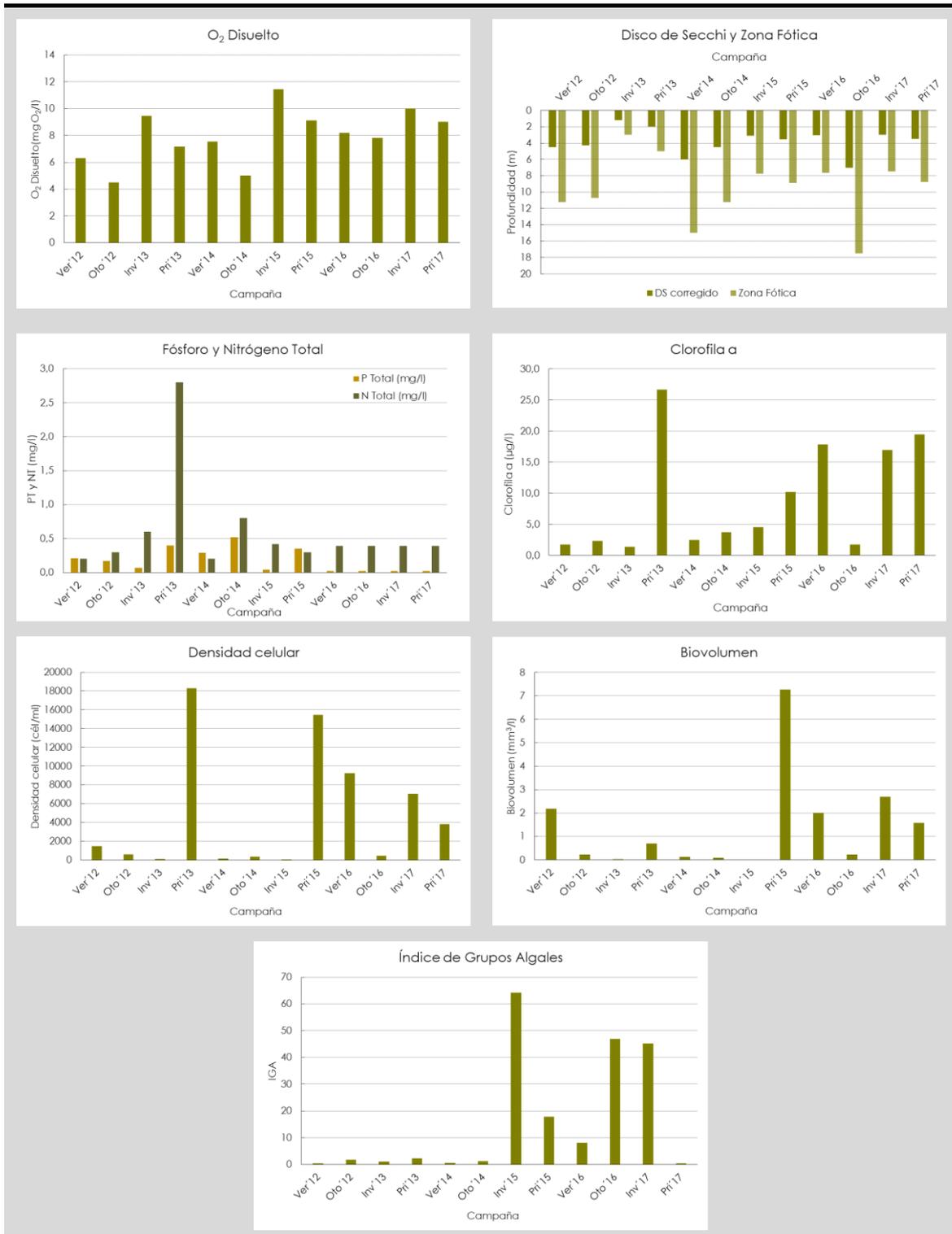


Figura 55. Variables fisicoquímicas y biológicas durante el periodo 2012-2017 en el embalse de Salime.

La disminución de la concentración de oxígeno hipolimnético se hace notable en las campañas otoñales, mientras que este descenso es menos marcado en verano y primavera, siendo la concentración promedio del periodo estudiado de $7,96 \pm 1,94$ mg/l.

En cuanto a la variación de temperatura se observa una variabilidad propiciada por la estacionalidad de los muestreos, con máximas entre 20-25 °C en épocas estivales y mínimas entre 5-10° C durante la época invernal.

La transparencia del agua presenta un valor mínimo de 1,2 m en el invierno de 2013 y máximo de 7 m en otoño de 2016, siendo el promedio obtenido para todo el periodo de muestreo de $3,81 \pm 1,53$ m.

Las concentraciones de amonio, nitrato, nitrito, fosfato y silicato presentan una gran variabilidad entre las campañas realizadas, no mostrando un patrón o tendencia general entre ellos. El valor promedio de cada uno de los nutrientes es de $0,02 \pm 0,08$ mg/l de amonio, $0,67 \pm 0,42$ mg/l de nitrato, $0,02 \pm 0,03$ mg/l de nitrito, $0,02 \pm 0,02$ mg/l de fosfato y $1,57 \pm 1,26$ mg/l de silicato.

La concentración de fósforo total oscila entre un máximo de 0,52 mg/l en el otoño de 2014 y concentraciones inferiores a 0,02 mg/l durante el ciclo anual 2016-2017. La concentración de nitrógeno total presenta valores superiores con máximos de 2,30 mg/l en la primavera de 2013 y concentraciones menores a 1 mg/l en el resto de las campañas.

Los parámetros biológicos muestran valores muy elevados, destacando así la alta densidad celular registrada con un máximo en 2013 de 18.341,98 cél/ml, también destacan por su elevado valor la primavera de 2015 (15.441,77 cél/ml), el verano de 2016 (9.246,03 cél/ml). Así como, el invierno y verano de 2017 (7.707,43 y 3.810,69 cél/ml, respectivamente).

Estos elevados valores en densidad algal se correlacionan con las mayores concentraciones de clorofila registradas en el embalse de Salime, con un máximo de 26,70 µg/l en la campaña primaveral de 2013. Así mismo, el biovolumen para la citada campaña alcanza su máximo valor de 7,26 mm³/l, siendo el IGA registrado igual a 17,79.

Sin embargo, no se observa una relación tan clara entre el índice IGA y el resto de parámetros biológicos, obteniéndose el máximo valor de dicho índice en el invierno de 2015 (64,23) coincidente con los menores valores de densidad algal (52,91 cél/ml) y biovolumen (0,02 mm³/l) y una concentración de clorofila de 4,50 µg/l.

Se observa un alto porcentaje de cianobacterias en el otoño del 2012, que supone la mitad del biovolumen total de la muestra (50,55%), en el resto de campañas no se observa la presencia de este tipo de organismos.

5.1.12.2. Potencial Ecológico y Estado Trófico

El potencial ecológico del embalse de Salime presenta en su mayoría valores de Bueno y Máximo, con dos excepciones en primavera de 2015 e invierno de 2017 donde su valor torna a moderado.

En ambas campañas, se registran una alta concentración de clorofila a, biovolumen e índice de grupos algales, que unido a la alta densidad algal encontrada, ponen de manifiesto la existencia de una proliferación algal durante ambos muestreos, disminuyendo la calidad del embalse con un potencial ecológico de 0,58.

El estado químico alcanza el buen estado durante el periodo 2012-2017, por lo que el estado de la masa de agua se califica como de “Bueno o Mejor”, a excepción de la primavera de 2015 e invierno de 2017, en la que se cataloga como “Peor que Bueno” debido al potencial ecológico obtenido.

Tabla 37. Clasificación del Estado del Embalse de Salime.

Embalse de Salime												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
Potencial Ecológico	0,86	0,78	0,99	0,67	0,97	0,88	0,81	0,58	0,65	0,89	0,58	0,73
	Máximo	Bueno	Máximo	Bueno	Máximo	Máximo	Máximo	Moderado	Bueno	Máximo	Moderado	Bueno
Estado Químico	Bueno											
ESTADO DE LA MASA DE AGUA	BUENO O MEJOR							Peor que Bueno	BUENO O MEJOR		Peor que Bueno	BUENO O MEJOR

El embalse de Salime en su mayoría presenta estados tróficos de carácter mesotrófico, con dos episodios eutróficos en la primavera de 2013 y 2015 según el TSI, mientras que el estado trófico muestra un episodio hipereutrófico para la primavera de 2013 y un eutrófico en la primavera de 2015. Así mismo, se obtiene un estado de carácter oligotrófico en el otoño de 2016 para ambos índices.

Asociados a los periodos eutróficos e incluso hipereutróficos se detecta una elevada concentración de fósforo total (0,40 mg/l primavera de 2013 y 0,35 mg/l primavera de 2015) y altas concentraciones de clorofila (26,70 y 10,17 µg/l primavera de 2013 y 2015, respectivamente), todo ello sitúa el TSI de este embalse

en valores de 67,79 para la primavera de 2013 y de 61,25 en la primavera de 2015. Del mismo modo, se observa una elevada densidad algal que alcanza valores de 18.314,98 cél/ml en la primavera de 2013 tornado el estado a hipereutrófico según el estado trófico. Del mismo modo, la densidad algal registrada en la primavera de 2015 alcanza valores muy elevados con un total de 15.441,77.

El valor promedio para el TSI en el embalse de Salime es de $52,96 \pm 6,89$ y para el estado trófico de $2,96 \pm 0,53$, indicando una productividad moderada-alta de esta masa de agua, con riesgo de sufrir procesos de eutrofización y blooms algales en épocas primaverales y estivales, como indican los parámetros biológicos registrados.

Tabla 38. Serie histórica del índice TSI y Estado Trófico del embalse de Salime.

Embalse de Salime												
	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri	Ver	Oto	Inv	Pri
TSI	51,91	52,06	52,23	67,79	53,17	58,69	48,80	61,25	50,05	38,44	49,96	49,68
	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.
Estado Trófico	3,0	3,3	3,3	1,8	3,3	3,0	3,0	2,3	3,0	4,0	2,8	3,0
	Mes.	Mes.	Mes.	Hip.	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.

5.1.12.3. Comunidad de Fitoplancton

El embalse de Salime presenta un Bloom fitoplanctónico en los periodos primaverales de 2013 y 2015 con densidades celulares de 18.314, 98 cél/ml y 15.441,77 cél/ml, respectivamente. La especie causante de estas altas densidades es la diatomea *Fragilaria crotonensis* que supone el 94,8% y 97% de la abundancia celular y el 85,7% y 92,4% del biovolumen total para la primavera de 2013 y 2015.

De nuevo tanto a nivel de biovolumen, concentración celular y riqueza específica la clase *Bacillariophyceae*, presente en todas las campañas, representa un porcentaje elevado del total de muestra, tan sólo en el verano de 2012 alcanzó un mínimo de 210,9 cél/ml frente a las 1.226,18 que muestra la clase *Cyanophyceae*.

Como grupos con menor presencia encuentran las clases *Chlorophyceae*, *Conjugatophyceae* y *Dinophyceae*, siendo la clase *Trebouxiophyceae* con el género *Oocystis* hallada sólo en la campaña primaveral de 2015.

La riqueza específica muestra un máximo en el verano de 2012 con la presencia de 10 especies pertenecientes a 4 clases diferentes, mientras que el mínimo se da en el invierno de 2015 con 2 especies pertenecientes al grupo de las bacilariofíceas y crisofíceas.

El promedio del porcentaje de aparición de géneros nuevos es superior en el muestreo cuantitativo con un valor del 49,52% frente al obtenido en el muestreo cualitativo con un 37,07%. Siendo el grado de variación entre campañas superior en el análisis cuantitativo con la ausencia de géneros nuevo en otoño de 2014 y un máximo del 100% en el invierno de 2015. Sin embargo, aunque el muestreo cuantitativo también mostró variabilidad, los porcentajes poseen un menor grado de desviación entre campañas, oscilando entre el 12,50% y 57,14%.

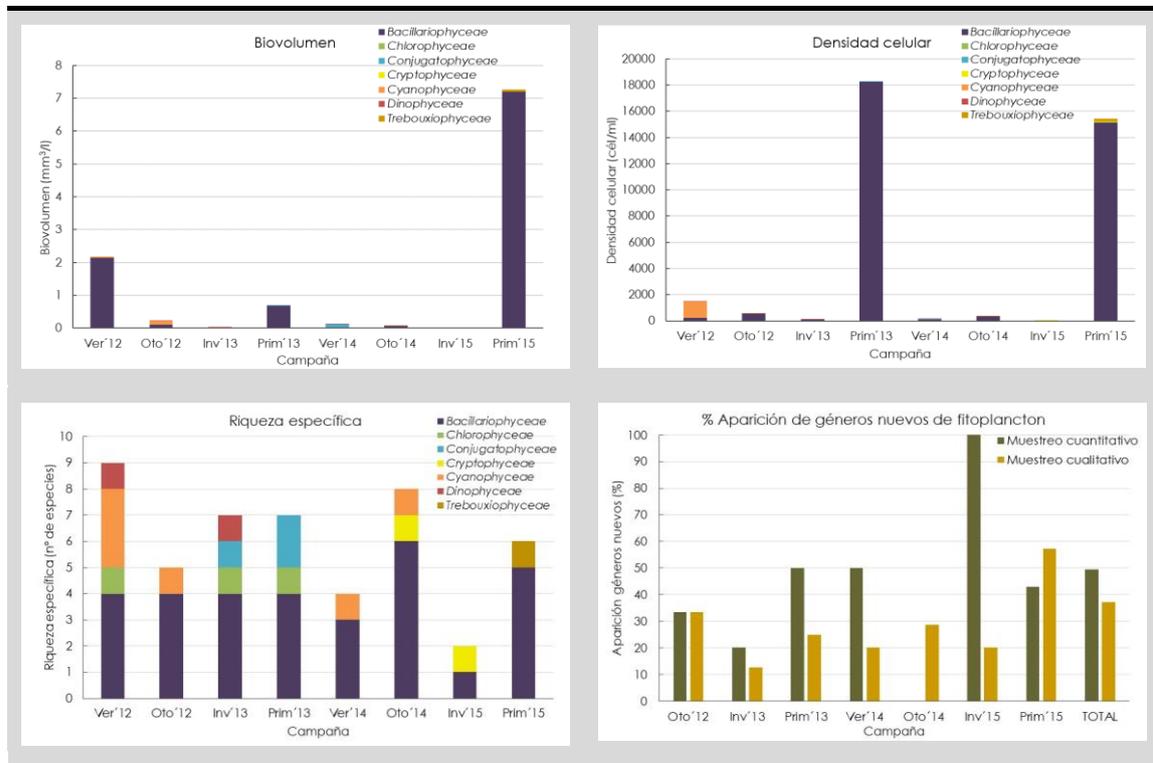


Figura 56. Representación gráfica del biovolumen (mm^3/l), densidad celular ($\text{cél}/\text{ml}$), riqueza específica (número de especies) y % de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 en el embalse de Salime.

5.2. SÍNTESIS DE RESULTADOS

5.2.1. Variables físico-químicas y biológicas

Se observa una marcada estacionalidad en los datos de temperatura de los embalses estudiados con temperaturas máximas en periodos estivales en torno a 20°C y mínimas en invierno entre 5 y 10°C.

De esta forma general, no se observa estratificación de la columna de agua en aquellos embalses con una profundidad menor a 10 m como es el caso de Furacón, Priañes, Saliencia y Somiedo, siendo además estos dos últimos embalses de carácter fluyente lo que parece incidir en la estratificación de la columna de agua durante el otoño y el invierno fundamentalmente. Tan sólo, el embalse de Pilotuerto y el embalse Valle I, con profundidades menores a 10 m, muestran la formación de termoclina estival, registrándose en Pilotuerto en el verano de 2012 y en Valle I en verano de 2012, 2014 y 2016. Sin embargo, aquellos embalses con una profundidad superior a los 10 m (Valdemurio, Rioseco, Tanes, La Barca, Valle II y Salime) muestran estratificación de la columna de agua y presencia de termoclina en los meses de verano y primavera, y, ocasionalmente, en periodos otoñales.

La concentración de oxígeno hipolimnético muestra una gran variabilidad no disminuyendo con la presencia de termoclina en los embalses de Valdemurio, La Barca, y Valle II. Sin embargo, la concentración de oxígeno disminuye con la profundidad durante los episodios de estratificación en los embalses de Rioseco, Tanes y Salime. De forma general, la concentración de oxígeno para todos los embalses es superior en meses invernales decreciendo en épocas estivales y primaverales, en donde existe una mayor producción primaria y, por lo tanto, un aumento en el consumo de oxígeno.

Las concentraciones de amonio, nitrato, nitrito y silicato, presentan una gran variabilidad entre campañas y embalses, no mostrando un patrón o tendencia general entre ellos. Del mismo modo, la concentración de nitrógeno total y fosforo total es altamente variable, registrándose valores máximos en la concentración de fosforo total en los embalses de Valdemurio (5,50 mg/l; otoño de 2014), Pilotuerto (1 mg/l; otoño de 2014) y La Barca (4,40 mg/l y 3,70 mg/l; verano 2012 y otoño de 2014).

Se observa una marcada variabilidad de los parámetros biológicos: clorofila a, densidad celular, biovolumen e índice de grupos algales (IGA). Según los modelos

teóricos para embalses de zonas templadas las condiciones óptimas para el desarrollo de la comunidad fitoplanctónica tiene lugar, principalmente, en periodos primaverales y estivales donde se produce un incremento en la disponibilidad de luz, factor limitante del crecimiento y desarrollo de los organismos fitoplanctónicos. Sin embargo, en base a los resultados obtenidos, este patrón teórico no se cumple en la mayoría de los casos, obteniéndose altas densidades celulares, concentraciones de clorofila, biovolúmenes o valores del índice de grupos algales (IGA), tanto en periodos primaverales y/o estivales como en épocas otoñales e incluso invernales, como en el caso del embalse de Furacón donde el máximo de clorofila es registrado en el invierno de 2017 y asociado a este máximo se observa un elevado valor de densidad celular, biovolumen e índice IGA. Este comportamiento es también observado en el embalse de Priañes y Saliencia con valores elevados de clorofila a y biovolumen en el invierno de 2017.

Del mismo modo, no se observa un patrón estacional de la comunidad de fitoplancton en cada uno de los embalses. Esta variabilidad es notable, por ejemplo, en el embalse de Valdemurio donde se obtiene una alta concentración de clorofila a (8,85 µg/l) en el verano de 2012, disminuyendo considerablemente en campañas estivales posteriores (5,15 µg/l y 0,80 µg/l verano de 2014 y 2016, respectivamente). Este mismo patrón es observado en el embalse de Valle I donde se da una clara proliferación de organismos del fitoplancton con un máximo de clorofila de 14,26 µg/l en el verano de 2014 mientras que en veranos posteriores se obtienen valores de clorofila a de 1,03 µg/l (2012) y 0,10 µg/l (2016).

Esta variabilidad es también registrada en términos de biovolumen, siendo remarcable la diferencia entre campañas estivales encontrada en el embalse de Valle I donde se obtiene el máximo valor de 9,08 mm³/l en el verano de 2014, mientras que el biovolumen obtenido en el resto de campaña estivales es de 1,08 mm³/l en 2012 y de 0,10 mm³/l en 2016. En el caso del índice IGA y la densidad celular es reseñable la diferencia existente en el embalse de La Barca, en donde la primavera de 2015 presenta el máximo IGA registrado de 201, mientras que el obtenido en las campañas primaverales de 2013 y 2017 alcanza los valores de 1,02 y 4,59. Asimismo, el embalse de La Barca presenta un máximo de densidad celular de 11.750 cél/ml en el verano de 2016, sin embargo este valor dista notablemente del valor obtenido en la campaña estival de 2012 y 2014, en las cuales se contabilizaron un total de 508 cél/ml y 428 cél/ml, respectivamente.

En base a los resultados obtenidos y dada la marcada variabilidad interestacional que muestra un mismo embalse a lo largo de las diferentes campañas, se pone de manifiesto la inexistencia de patrones generales y/o específicos de las comunidades fitoplanctónicas.

Asimismo, no se observa una relación clara entre los diferentes parámetros biológicos analizados, ya que en la mayoría de los casos los máximos valores registrados no son coincidentes entre sí. De entre todas las campañas realizadas tan sólo se muestra un paralelismo entre los máximos valores de los parámetros biológicos analizados en el embalse de Rioseco en el otoño de 2016 y primavera de 2017, embalse de Tanes en el verano de 2012 y embalse de Saliencia en el invierno de 2017.

A lo largo de los muestreos realizados en los diferentes embalses se detectó la existencia de un importante Bloom fitoplanctónico en el embalse de La Barca en el verano de 2016 y en el embalse de Salime en primavera de 2015 y 2017, en los cuales la densidad celular alcanza valores superiores a las 10.000 cél/ml y concentraciones de clorofila mayores a los 15 µg/l.

5.2.2. Potencial ecológico y estado trófico

Se observa una gran homogeneidad de los valores de potencial ecológico en los embalses estudiados, siendo en su mayoría de bueno o muy bueno. De los doce embalses estudiados tan sólo tres embalses muestran una desviación de dichos estados, disminuyendo su potencial a moderado o deficiente. La Barca, en el verano de 2012 presentó un estado moderado y en el verano de 2016 su estado fue deficiente; Valle I presentó un estado moderado en el verano de 2014 y Salime dos estados moderado en la primavera de 2015 y el invierno de 2017.

La disminución en la calidad de las aguas de los embalses mencionados con anterioridad está propiciada por los elevados valores obtenidos de los parámetros biológicos analizados, que evidencian la presencia de blooms fitoplanctónicos.

En lo respecta al grado de eutrofia definido como estado trófico y TSI se observa una elevada heterogeneidad, obteniéndose tanto estados ultraoligotróficos como hipereutróficos, siendo este último valor observado tan sólo en la primavera de 2013 en el embalse de Salime. Los episodios de eutrofia pueden dar lugar a proliferaciones de organismos fitoplanctónicos debido a un aumento en la disponibilidad de nutrientes en la columna de agua, esto se cumple para los casos

en los que el potencial ecológico empeora. Pero, sin embargo, no siempre se cumple dicho patrón ya que existen periodos eutróficos en los que el potencial ecológico se mantiene en la categoría de bueno o máximo como ocurre en el otoño de 2014 en los embalses de Valdemurio, Pilotuerto y La Barca o incluso en el periodo hipereutrífico del embalse de Salime en el 2013 donde el potencial ecológico alcanza el valor de bueno.

Los embalses que muestran una menor productividad de la columna de agua con valores que oscilan entre periodos ultraoligotróficos y oligotróficos, son Somiedo y Saliencia, esto puede deberse a su alta tasa de renovación debido a su carácter fluyente durante los periodos de aguas altas, lo que impide el establecimiento adecuado de las comunidades de fitoplancton.

5.2.3. Comunidad de fitoplancton

El análisis de la composición y estructura de la comunidad de fitoplancton evidencia una notable dominancia de la Clase *Bacillariophyceae*, comúnmente conocidas como diatomeas, tanto cuando se analiza la densidad celular como el biovolumen o la riqueza específica.

Las diatomeas son organismos eucariotas unicelulares o coloniales cuya característica más distintiva es que poseen una cubierta o teca conformada por sílice, por lo que, cabría esperar una dominancia de este grupo de organismos cuando dicho compuesto presenta una elevada disponibilidad en el medio. Sin embargo la presencia de estos organismos no parece estar relacionada con dichos episodios.

En cuanto a las especies mejor representadas se encuentran las diatomeas pennadas unicelulares como las pertenecientes al género *Navicula*, *Nitzschia*, *Encyonema* o *Cymbella*, menor es la representación de diatomeas céntricas unicelulares con la aparición puntual del género *Cyclotella* en todos los embalses a excepción de Somiedo, Valdemurio y Valle II. Por otro lado, son también características de todos los embalses estudiados las diatomeas coloniales de carácter cosmopolita de aguas dulces *Fragilaria crotonensis* y *Aulacoseira granulata*.

Los siguientes grupos mejor representados son la Clase *Dinophyceae* o dinoflagelados presentes en todos los embalses salvo en Rioseco cuyos géneros más abundantes fueron *Gymnodinium*, *Ceratium* y *Peridinium*, y la clase

Chrysophyceae de la cual sólo se ha evidenciado la presencia de la especie *Dinobryon divergens*, registrada en todos los embalses a excepción del embalse de Salime y característica de periodos oligotróficos.

Desataca en este sentido la campaña estival de 2012 tanto en el embalse de Valdemurio como de Valle II en donde la presencia de dinoflagelados es superior a la del resto de organismos fitoplanctónicos.

La clase *Cyanophyceae* o cianobacterias, clase considerada de alta relevancia para la clasificación del potencial ecológico por ser indicadores de eutrofización y por el carácter tóxico de muchas de las especies que la conforman, es hallada en 8 de los 12 embalses muestreados, no estando presente en los embalses de Furacón, Valdemurio, Valle II y Rioseco. Por el contrario, los valores máximos se han observado en el embalse de La Barca llegando a alcanzar el 98,17% del biovolumen total de la muestra en el verano de 2012. La aparición de estos organismos también fue notable en el embalse de Somiedo en la primavera de 2013 (67,89%) y en el embalse de Salime con un porcentaje del 50,55% en el otoño de 2012. Al igual que ocurre con el resto del fitoplancton, no se observa un patrón estacional en la aparición de estos organismos.

La clase *Chlorophyceae*, con especies dominantes pertenecientes al género *Scenedesmus* y *Pediastrum*, está presente en la mayoría de los embalses, salvo en Saliencia, Somiedo y Valdemurio. Aunque el porcentaje de biovolumen y densidad celular que representa sobre el total de la muestra es muy bajo.

Destaca la clase *Conjugatophyceae*, en términos de biovolumen en la campaña estival del 2014 en el embalse de Valle I, en donde a pesar de que su densidad celular supone tan solo el 2% del total, el biovolumen que ocupa este grupo es aproximadamente del 98%. Esto se debe a que la especie registrada, *Spirogyra sp.*, posee un tamaño celular muy superior en comparación con el resto de organismos predominantes, siendo éstas diatomeas pennadas de pequeño tamaño como *Navicula cuspidata* o *Nitzschia sp.*

Las clases con una menor representación fueron: *Ulvophyceae* presente tan sólo en la campaña invernal de 2013 en el embalse de Valle II, *Euglenophyceae* en la primavera de 2015 en el embalse de Furacón, *Xanthophyceae* en el verano de 2014 en Tanes y Rioseco, y *Trebouxiophyceae* en la primavera de 2015 en el embalse de Salime y en el otoño de 2014 en el embalse Valle II.

Se observa como la riqueza específica no muestra un paralelismo, generalmente, con la densidad celular y el biovolumen, como ocurría con anterioridad entre los parámetros biológicos empleados para el cálculo del potencial ecológico (clorofila a, biovolumen y % de cianobacterias), como por ejemplo en el embalse de Salime donde la densidad celular más elevada se obtiene en la primavera de 2013 y el máximo biovolumen se da en la primavera de 2015, mientras que el mayor número de especies es detectado en el verano de 2012.

La mayor riqueza específica es obtenida en el embalse de Valdemurio con un total de 26 especies en la primavera de 2015, sin embargo se muestra de nuevo la ausencia de un patrón estacional en cuanto a este parámetro se refiere, disminuyendo a 5 especies en la primavera de 2013. Asimismo, el embalse de Pilotuerto con un total de 25 especies en la primavera de 2015, presenta tan solo 5 en la primavera de 2013.

La alta variabilidad en la composición de la estructura del fitoplancton también es observada cuando se analizan las tasas de aparición de géneros nuevos. Esta variable indica el tanto por ciento de géneros nuevos encontrados en cada una de las campañas analizadas con respecto a las anteriores, tanto en las muestras tomadas para el estudio del fitoplancton cualitativo como cuantitativo.

Los resultados obtenidos para los embalses en su conjunto y para el periodo 2012-2015 reflejan una alta variación en las tasas de aparición de nuevos géneros, siendo el promedio para todos los embalses durante el periodo estudiado del 43,60 % y 45,66% en las muestras cuantitativas y cualitativas, respectivamente.

Cabría esperar que con el paso del tiempo, la aparición de géneros nuevos fuera considerablemente menor. Sin embargo, esta tendencia no es observada en ninguno de los embalses en estudio. Esto se pone de manifiesto claramente en el embalse de Salime en donde la tasa de aparición de géneros nuevos del muestreo cuantitativo alcanza el máximo del 100% en el invierno de 2015, tras la realización de 6 campañas anteriores; o en el embalse de Pilotuerto en donde la mayor tasa de aparición de géneros nuevos de las muestras cuantitativas se da en la última campaña analizada (primavera 2015).

De manera general, el promedio de las tasas de aparición de géneros nuevos en el periodo 2012-2015 para el muestreo de tipo cuantitativo varía desde el 30% en el embalse de Furacón hasta el 59,2% en el embalse de Valdemurio (con una media del 43,6%), mientras que, el rango de oscilación de las muestras cualitativas es

ligeramente mayor (media de 45,66%), con un mínimo del 19,7% en el embalse de Pilotuerto y un máximo del 66,9% en el embalse Valdemurio.

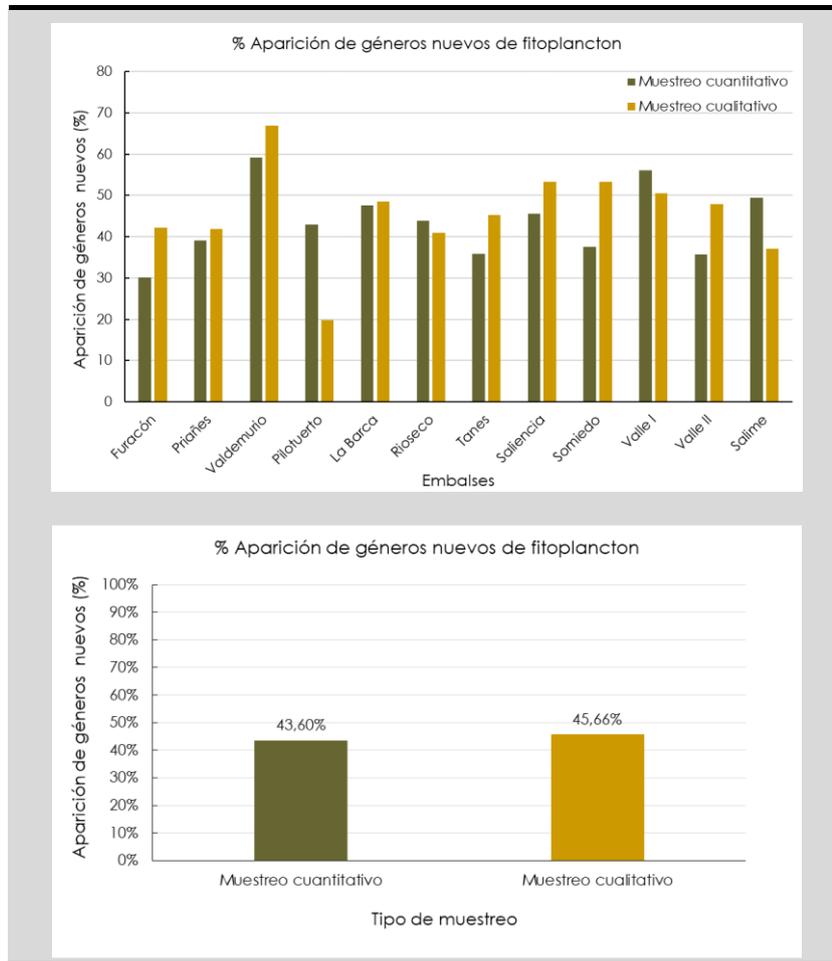


Figura 57. Promedio de aparición de géneros nuevos por embalse (superior) y promedio total (inferior) del tanto por ciento de aparición de géneros durante el periodo 2012-2015 de las muestras cuantitativas y cualitativas de fitoplancton.

6. LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA Y SU VARIABILIDAD

6.1. PRESENTACIÓN

Como ha quedado de manifiesto a lo largo de la tesis, el elemento de calidad biológica fitoplancton cobra una importancia muy relevante en cuanto a la obtención del índice de potencial ecológico (IPE), ya que como se ha visto, se emplean 4 de sus indicadores para obtenerlo: IGA, clorofila *a*, biovolumen y % de cianobacterias.

Si el estado de las masas de agua referidas a embalses se centra en exclusiva en el elemento fitoplancton y en su composición a lo largo del tiempo, entonces el estudio de la comunidad desde un punto de vista temporal resulta de especial interés.

¿Es de alguna forma predecible y presenta algún patrón de comportamiento estacional? Si la respuesta es afirmativa, se abre una posibilidad para tratar de predecir potenciales ecológicos de unas estaciones a partir de los datos de otras.

¿Es posible extrapolar valores de IPE a partir de los muestreos de verano o de los muestreos realizados en cualquiera de las estaciones del año? Este último aspecto cobra especial importancia desde el punto de vista de la Ley de Responsabilidad Medioambiental (ver apartado 1.1), ya que podría ayudar a determinar el estado básico de tipo dinámico ante la ausencia de datos específicos y permitir, por ejemplo, extrapolar un IPE para cualquier época del año.

Durante la lectura de los resultados obtenidos en el capítulo 5, relativos al fitoplancton y más concretamente al análisis preliminar que se realiza sobre la variabilidad del mismo, podemos ver como la variabilidad de la comunidad parece muy elevada, lo que coincide con lo señalado por Reynolds (1998) cuando indica que los ecosistemas acuáticos están sujetos a una gran variabilidad espacial y temporal, que es la causa de un alto grado de incertidumbre en relación con las comunidades de fitoplancton. Este aspecto complicaría cualquier intento de predicción para poder extrapolar IPEs entre estaciones del año. Así, el ejercicio que se realizó para calcular la tasa de aparición de nuevos géneros (en %, según se explica en el apartado 5.2.1.3) tanto en los muestreos cualitativos como en los

cuantitativos, refleja una alta variación de las tasas de aparición de nuevos géneros, siendo el promedio para todos los embalses durante el periodo estudiado del 43,60 % y 45,66% en las muestras cuantitativas y cualitativas, respectivamente.

Como queda de manifiesto, las comunidades de fitoplancton son variables a lo largo del tiempo y por lo tanto los datos obtenidos invitan a analizar con detalle el aspecto de la variabilidad temporal de la comunidad desde las dos aproximaciones: cuantitativa y cualitativa.

Las preguntas que nos surgen en este caso son las siguientes: ¿es más variable la comunidad fitoplanctónica cuando es caracterizada a través de una pequeña muestra cuantitativa que cuando es muestreada de forma más intensa pero cualitativamente?. Como ya vimos en el capítulo 4 (Metodología: apartado 4.2.2), el muestreo cuantitativo obtiene un volumen de 250 ml a lo largo de toda la zona fótica, mientras que la muestra cualitativa es obtenida durante unos cinco minutos de navegación por el embalse arrastrando la red. La hipótesis de partida es que los datos del muestreo cuantitativo ofrecerán una imagen de mayor variabilidad en las características de la comunidad que los datos del muestreo cualitativo, ya que estos últimos se obtienen del filtrado de una gran cantidad de agua del embalse y el cuantitativo es una pequeña muestra compuesta por extracciones puntuales a lo largo de la zona fótica.

Por otra parte, resulta muy interesante analizar la variación de las comunidades a lo largo del tiempo. Desde el punto de vista de la gestión del embalse y el cálculo del IPE, la variación entre estaciones (por ejemplo: invierno frente a verano) podría no ser importante, mientras la variación interanual fuese pequeña (verano 1 frente a verano 2). Es decir, el hecho de que durante diferentes estaciones cambie la composición del fitoplancton podría no ser relevante si la variación de las poblaciones entre las mismas estaciones a lo largo de los años, es pequeña. Idealmente, la variación estacional en la composición de la comunidad debería mostrar un patrón con baja variabilidad frente al reemplazo de especies. Es decir, se presenta una comunidad en la que en ciertas estaciones o épocas, determinados taxones no están presentes. Si además, las variaciones de la población responden a patrones que se repiten en el tiempo, podremos tratar de extrapolar índices como el IGA. En cualquier caso, si la variabilidad interanual de la comunidad (entendida esta como la que se produce entre las mismas estaciones a lo largo de los años) es grande, la comunidad puede resultar inmanejable y

deberemos analizar el caso tratando de recurrir a niveles de detalle menores, como pueden ser los grupos algales.

Esperamos por tanto que, dentro de un embalse, la variabilidad interanual (tomando el verano como referencia) sea menor que la estacional. Esto querría decir que existe una tendencia a la repetición de ciclos anuales en la composición taxonómica.

Si la comunidad varía mucho de unas estaciones a otras, pero también de unos años a otros (en la misma estación), habremos de asumir que existe un patrón aleatorio muy marcado. Si la variabilidad estacional es similar a la interanual y ambas son elevadas, la comunidad podrá estar mostrando un comportamiento estocástico (Estrada, 1976, Anderies & Beisner, 2000; Sloan et al., 2006; Nabout et al., 2009; Chase, 2010).

Como planteamiento final, si efectivamente la variabilidad de la comunidad es grande, será útil para la gestión tener una idea de sus causas. Podría ser que la comunidad fuese más variable en ciertos tipos de embalse o según si éstos estratifican o no. El régimen de mezcla en los embalses puede resultar determinante en la presencia de recursos disponibles y por lo tanto es un factor fundamental que influye en la estructura de las poblaciones de fitoplancton (Becker et al., 2010; Lindenschmidt & Chorus, 1998; Ramirez et al., 1999). Trataremos de comprobar si se cumple nuestra hipótesis de partida según la cual los embalses estratificados presentan mayor variabilidad que los no estratificados.

Por otra parte, como ya se comentó, si la variabilidad temporal de la comunidad es elevada, cabe la posibilidad de que esto suceda al abordar el estudio a una resolución taxonómica fina (género, por ejemplo) y no cuando los géneros se agrupan en grupos más amplios. El uso de grupos funcionales de fitoplancton presenta unas buenas perspectivas en los estudios de las comunidades (Becker et al., 2010; Borics et al., 2012; Abonyi et al., 2017), por lo que si la variabilidad en la composición taxonómica empleando géneros es elevada, puede resultar interesante comprobar si la agrupación de taxones según los grupos algales establecidos para el IGA redundaría en una disminución de la variabilidad, especialmente en lo que se refiere a la variabilidad interanual.

6.2. OBJETIVOS

A continuación se indican los objetivos específicos de este capítulo:

1. Estudiar la **variabilidad estacional** de la composición taxonómica, tratando de explicar en qué medida esta se debe a la **sustitución** de unos **taxones** por otros o a la **pérdida de taxones**.
2. Estudiar de la misma forma la **variabilidad interanual** de la composición de la comunidad de fitoplancton. El objetivo es determinar si existe variación entre los muestreos obtenidos en los veranos, por ser la época estival la indicada como idónea para el muestreo del IPE según el protocolo del MITECO. Si la variabilidad interanual es reducida, entonces se abre la posibilidad de poder establecer relaciones entre las diferentes estaciones que permitan estimar los posibles IPE a lo largo del tiempo, o extrapolar valores obtenidos en otras estaciones para determinar el potencial ecológico, siempre que la variabilidad estacional presentase patrones más o menos fijos.
3. **Comparar los resultados obtenidos mediante los muestreos cualitativo y cuantitativo**, para comprobar si los resultados del muestreo cuantitativo ofrecen una imagen más estable de la composición taxonómica de la comunidad. Cabe recordar en este punto que, a pesar de que para el cálculo del IPE solo se emplean los datos procedentes del muestreo de fitoplancton cuantitativo, el protocolo oficial del MITECO recomienda la toma de muestras cualitativa con el objetivo de ampliar el inventario de especies. La hipótesis de partida es que las muestras obtenidas mediante el muestreo cuantitativo presenten mayor variabilidad que las cualitativas dado el menor tamaño de muestra de las primeras (menor volumen muestreado y menor número de ejemplares recolectado).
4. El régimen de mezcla en los embalses puede resultar determinante en la presencia de recursos disponibles y por lo tanto es un factor fundamental que influye en la estructura de las poblaciones de fitoplancton. Otro de los objetivos específicos consistirá en **comprobar si hay diferencias en la variabilidad de la comunidad entre embalses estratificados y no estratificados**.

5. Si la variabilidad en la composición taxonómica empleando géneros es elevada, puede resultar interesante **comprobar si la agrupación de taxones según los grupos algales** establecidos para el IGA **redunda en una disminución de la variabilidad**, especialmente en lo que se refiere a la variabilidad interanual.

6.3. TRATAMIENTO DE DATOS

Con el fin de evaluar la variabilidad estacional e interanual de la composición taxonómica en cada embalse se ha recurrido al cálculo de la heterogeneidad de la comunidad fitoplanctónica (diversidad β) utilizando el índice de disimilitud de Sørensen (1948), que es un índice cualitativo y, por tanto, se basa en medidas de presencia-ausencia de cada taxón.

La fórmula correspondiente al índice de disimilaridad de Sørensen (β_{SOR}) es la siguiente:

$$\beta_{SOR} = \frac{b + c}{2a + b + c}$$

donde a es el número de géneros comunes a dos muestreos, b es el número de géneros que aparecen en un muestreo pero no en el segundo y c es el número de géneros que aparecen en el segundo muestreo pero no en el primero. Valores altos del índice (próximos a 1) denotan similitudes bajas (grandes diferencias en la composición taxonómica), valores próximos a 0, similitudes altas.

A continuación se ha utilizado la partición de la diversidad beta propuesta por Baselga (2010) para averiguar si la variación en la composición de la comunidad fitoplanctónica (β_{SOR}) está más relacionada con el reemplazo de géneros entre los diferentes muestreos (β_{SIM} reemplazo o *turnover*) o con la pérdida de géneros entre muestreos (β_{NES} anidamiento o *nestedness*). Es importante señalar en este punto que la suma de β_{SIM} y β_{NES} es igual a β_{SOR} .

Por su parte, la fórmula correspondiente a la disimilaridad de Simpson (β_{SIM}) es la siguiente (Simpson, 1943):

$$\beta_{SIM} = \frac{\min(b, c)}{a + \min(b, c)}$$

donde a, b y c son las mismas variables definidas para la disimilaridad de Sørensen.

En esta aproximación se ha valorado la disimilaridad global entre muestreos, junto con los dos componentes indicados y el análisis se ha basado tanto en los datos correspondientes al muestreo cuantitativo como en los obtenidos en el muestreo cualitativo.

Resulta interesante aclarar en este apartado que se ha denominado variabilidad "interanual" a la que se obtiene entre las mismas estaciones en años diferentes y variabilidad "estacional" a la que tiene lugar a lo largo de todo el periodo de muestreo, considerando los siguientes aspectos:

1. Cada estación está muestreada dos veces.
2. No hay cuatro estaciones de un mismo año (los ocho muestreos se realizan a lo largo de un periodo de 4 años).

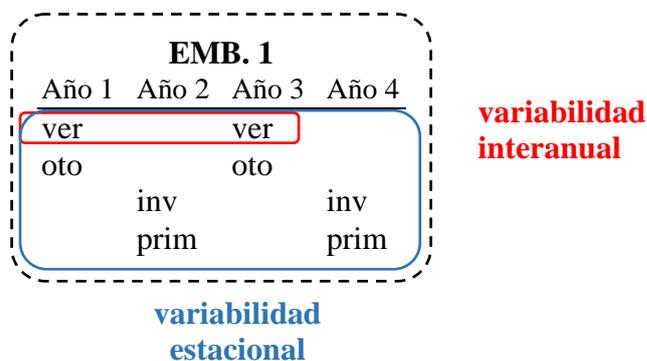


Figura 58. Representación esquemática del calendario de muestreo, con indicación de los datos utilizados para comprobar variabilidad interanual y estacional.

El cálculo de la **variabilidad estacional** se ha realizado para cada uno de los 12 embalses muestreados partiendo de 8 muestras ($n=8$), correspondientes con las 8 estaciones en las que se realizaron los muestreos a lo largo del periodo de 4 años (2 veranos, 2 otoños, 2 primaveras y 2 inviernos). El análisis se realizó sobre los resultados obtenidos en los muestreos cualitativo y cuantitativo.

Para el cálculo de la **variabilidad interanual** se han utilizado los datos de los dos veranos en que cada embalse ha sido muestreado. Al igual que en el caso anterior de la variabilidad estacional, se ha medido para el muestreo cuantitativo y el cualitativo.

Asimismo, se ha abordado el cálculo de la variabilidad estacional e interanual de la comunidad fitoplanctónica dentro de cada embalse y la contribución a la misma de los componentes de reemplazo y anidamiento en base a los datos

correspondientes a los **grupos algales del IGA**. Se ha realizado el análisis igualmente para los datos obtenidos en los muestreos cualitativo y cuantitativo.

Para comprobar la existencia de diferencias significativas en los valores de heterogeneidad (Sørensen) entre tipos de muestras (muestreo cuantitativo frente a cualitativo, embalses estratificados frente a no estratificados) se realizaron análisis de la varianza (ANOVA) de una vía. Previamente, se comprobó la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Levene, así como la distribución normal de las variables mediante el test de Kolmogorov-Smirnov.

6.4. RESULTADOS

6.4.1. Variabilidad estacional: géneros

Muestreo cuantitativo

Los resultados de la Tabla 39 muestran que la variabilidad ($\beta_{SOR\ MEDIA}=0,806\pm 0,026$) es muy elevada (pocos taxones en común entre épocas diferentes) con valores de Sørensen siempre superiores a 0,74. Esta variabilidad, además, se debe en su mayor parte a recambio de especies (β_{SIM} elevado en relación con β_{NES}), es decir que lo que se produce es una aparición y desaparición de géneros entre unas estaciones y otras.

Tabla 39. Variabilidad estacional para los géneros del muestreo cuantitativo.

Embalse	β_{SIM}	β_{NES}	β_{SOR}
BA	0,745098	0,082144	0,827243
FU	0,60396	0,140449	0,744409
GR	0,762376	0,063078	0,825455
PI	0,686747	0,132068	0,818815
PR	0,727273	0,076006	0,803279
RI	0,730159	0,053281	0,78344
SA	0,727273	0,082854	0,810127
SO	0,694737	0,090448	0,785185
TA	0,704082	0,093121	0,797203
VA	0,727273	0,119536	0,846809
VAI	0,744361	0,086485	0,830846
VAIL	0,663265	0,13972	0,802985

β_{SOR} : heterogeneidad (riqueza beta); β_{SIM} parte de β_{SOR} atribuible a recambio de especies; β_{NES} : parte de β_{SOR} atribuible a anidamiento.

Si analizamos lo que supone en porcentaje de β_{SOR} la β_{SIM} o *turnover*, esta alcanza un 87,98% de la misma.

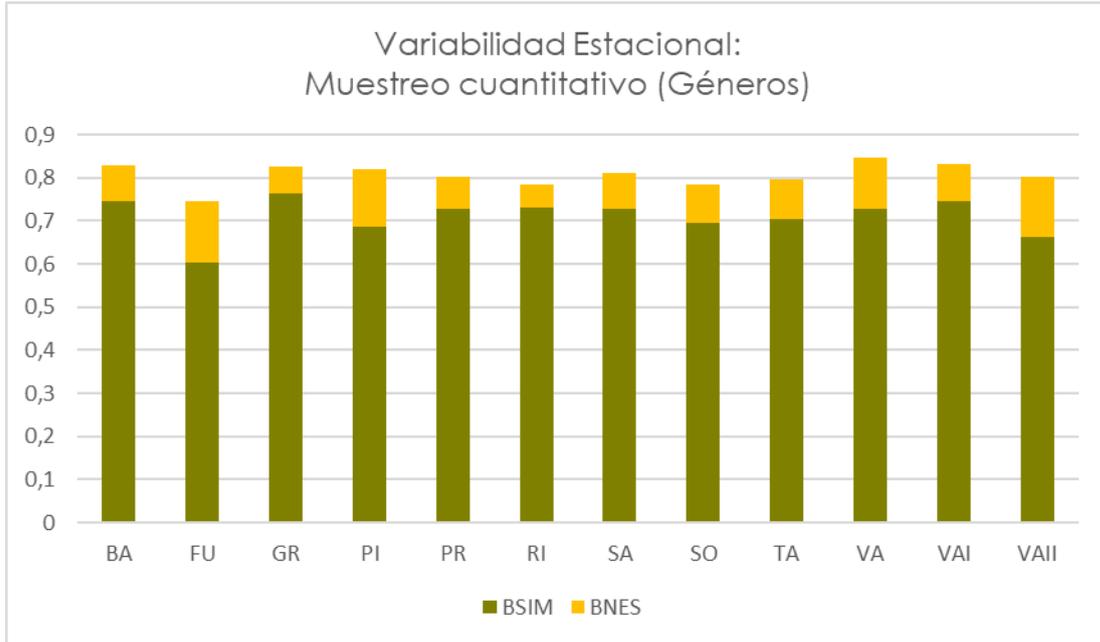


Figura 59. Representación de la variabilidad estacional del muestreo cuantitativo (β_{SOR}), mediante sus componentes β_{SIM} y β_{NES} .

Muestreo cualitativo

Los resultados recogidos en la Tabla 40 muestran una variabilidad muy similar al caso del muestreo cuantitativo, ya que la disimilitud ($\beta_{SOR\ MEDIA}=0,803\pm 0,026$) se mueve en el mismo rango de valores, siempre por encima de 0,77. Suponiendo β_{SIM} un 88,83% de β_{SOR} en porcentaje.

Como habíamos planteado, la elevada variabilidad del caso anterior, podría deberse a un sesgo de muestreo derivado del pequeño volumen de la muestra obtenida (volúmenes pequeños pueden mostrar resultados aparentemente estocásticos). Con el muestreo cualitativo, que implica un muestreo más general e intensivo y por lo tanto refleja con mayor exactitud la composición taxonómica de la comunidad, esperábamos que la variabilidad temporal fuese menor, pero vemos que es muy similar.

Tabla 40. Variabilidad estacional para los géneros del muestreo cualitativo.

Embalse	β_{SIM}	β_{NES}	β_{SOR}
BA	0,7111111	0,09041561	0,8015267
FU	0,6917808	0,09393346	0,7857143
GR	0,5945946	0,1815248	0,7761194
PI	0,6639344	0,1268819	0,7908163
PR	0,6518519	0,1383267	0,7901786
RI	0,7372263	0,04259024	0,7798165
SA	0,7426471	0,07506127	0,8177083
SO	0,7426471	0,07506127	0,8177083
TA	0,745283	0,04702467	0,7923077
VA	0,8207547	0,04999358	0,8707483
VAI	0,7569444	0,06628788	0,8232323
VAII	0,7131783	0,08183556	0,7950139

β_{SOR} : heterogeneidad (riqueza beta); β_{SIM} parte de β_{SOR} atribuible a recambio de especies;
 β_{NES} : parte de β_{SOR} atribuible a anidamiento.

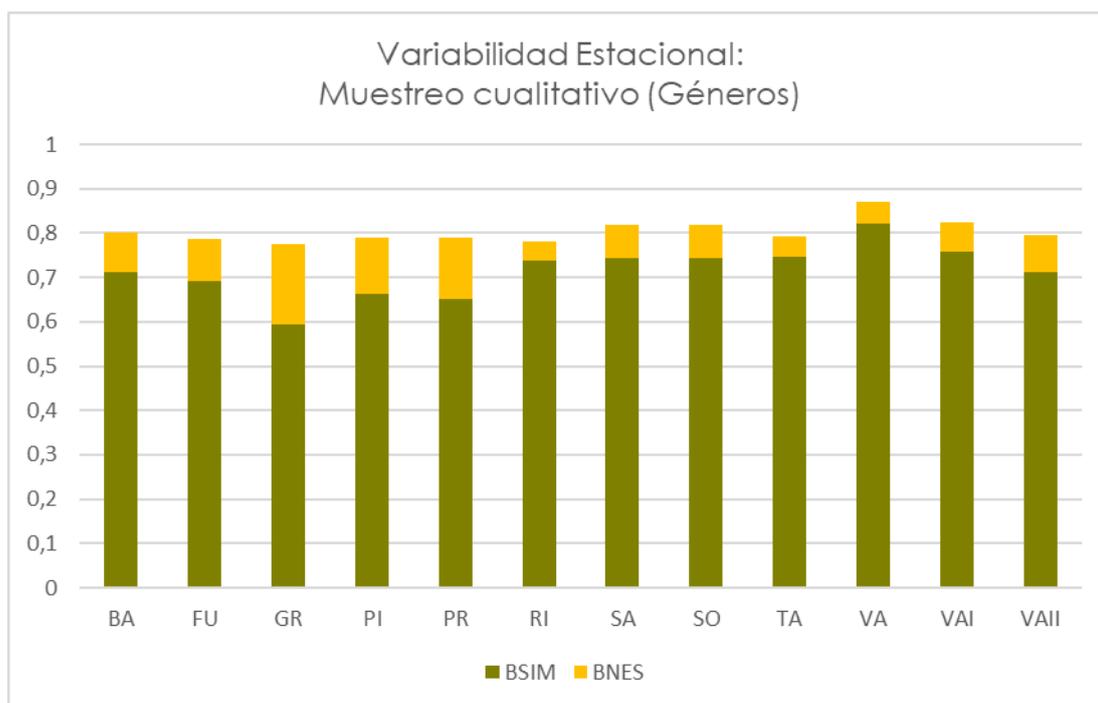


Figura 60. Representación de la variabilidad estacional del muestreo cualitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{SIM} y β_{NES} .

De hecho, las diferencias entre ambos tipos de muestreo en los valores de disimilitud resultaron ser no significativas conforme a ANOVA (Df = 1; F = 0,07157; p = 0,7916) e indican que la respuesta a la cuestión planteada ¿es significativamente más variable en el tiempo la comunidad cuando la caracterizamos a través de una pequeña muestra cuantitativa que a través de una (más intensa) cualitativa?, sería que no, que son similares.

Embalses estratificados frente a no estratificados

Las diferencias en los valores de disimilitud entre embalses estratificados (BA, GR, PI, RI, TA, VA y VAI) y no estratificados (FU, PR, SA, SO, VAI) para el muestro cuantitativo resultaron ser no significativas conforme a ANOVA (Df = 1; F = 0,5376; p = 0,4803;), pero sí lo fueron marginalmente para el muestreo cualitativo ANOVA (Df = 1; F = 7,034; p = 0,02422) en el que los embalses no estratificados presentan una disimilitud (β_{SOR}) ligeramente mayor que los no estratificados, si bien la β_{SOR} media para los estratificados es 0,80, mientras que para los no estratificados es de 0,81, por lo que los consideraremos similares desde un punto de vista biológico.

6.4.2. Variabilidad interanual: géneros

Muestreo cuantitativo

Los resultados de la Tabla 41 muestran que la variabilidad interanual considerando los veranos se reduce con respecto a la estacional ($\beta_{SOR\ VERANO\ MEDIA}=0,542\pm 0,183$), si bien existen embalses para los que se mantiene muy alta y se explica fundamentalmente por reemplazo (Salime GR $\rightarrow \beta_{SOR}=0,75, \beta_{SIM}=0,66$ y Valdemurio VA $\rightarrow \beta_{SOR}=1, \beta_{SIM}=1$), mientras que hay otros en los que se reduce mucho, como Furacón y Rioseco (FU $\rightarrow \beta_{SOR}=0,238$ y RI $\rightarrow \beta_{SOR}=0,33$). En general y salvo el caso de Furacón (FU), predomina el reemplazo de especies (β_{SIM} alto).

Tabla 41. Variabilidad interanual para los géneros del muestreo cuantitativo.

Embalse	β_{sim}	β_{nes}	$\beta_{SOR\ VERANO}$
BA	0,5	0	0,5
FU	0	0,238095	0,2380952
GR	0,6666667	0,0833333	0,75
PI	0,5	0,071429	0,5714286
PR	0,5	0,071429	0,5714286
RI	0,3333333	0	0,3333333
SA	0,5	0,0555556	0,5555556
SO	0,4	0,054545	0,4545455
TA	0,5	0	0,5
VA	1	0	1
VAI	0,4285714	0,071429	0,5
VAII	0,4285714	0,10084	0,5294118

β_{SOR} : heterogeneidad (riqueza beta); β_{SIM} parte de β_{SOR} atribuible a recambio de especies; β_{NES} : parte de β_{SOR} atribuible a anidamiento.

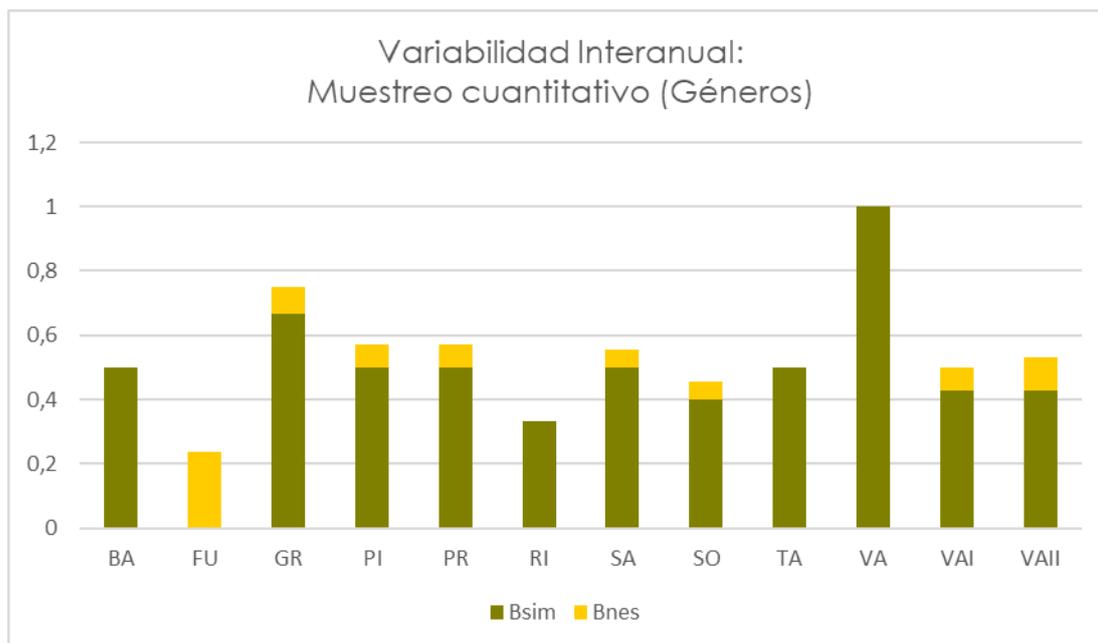


Figura 61. Representación de la variabilidad interanual del muestreo cuantitativo β_{sor} , mediante sus componentes β_{sim} y β_{nes} .

Muestreo cualitativo

Los resultados de la Tabla 42 muestran que la variabilidad interanual considerando los veranos también disminuye en relación con la variabilidad estacional ($\beta_{sor\ VERANO\ MEDIA}=0,596\pm 0,157$).

Tabla 42. Variabilidad interanual para los géneros del muestreo cualitativo.

Embalse	B _{sim}	B _{nes}	B _{sor VERANO}
BA	0,2857143	0,089286	0,375
FU	0,3333333	0,066667	0,4
GR	0	0,473684	0,4736842
PI	0,5555556	0,044444	0,6
PR	0,5555556	0,023392	0,5789474
RI	0,4285714	0,126984	0,5555556
SA	0,8571429	0,017857	0,875
SO	0,8571429	0,017857	0,875
TA	0,5	0,1	0,6
VA	0,5	0,214286	0,7142857
VAI	0,625	0,022059	0,6470588
VAIL	0,25	0,204545	0,4545455

B_{sor} : heterogeneidad (riqueza beta); β_{sim} parte de β_{sor} atribuible a recambio de especies; β_{nes} : parte de β_{sor} atribuible a anidamiento.

En este caso hay un conjunto de embalses en los que la variabilidad interanual (β_{sor} entre veranos) es muy alta como Somiedo (SO) y Saliencia (SA). Si analizamos los

motivos, vemos que la mayor parte de la variabilidad se debe a recambio de especies, salvo el caso del embalse de Salime (GR→ $\beta_{sor}=0,473$, $\beta_{nes}=0,473$), en el que se produce un anidamiento del 100%.

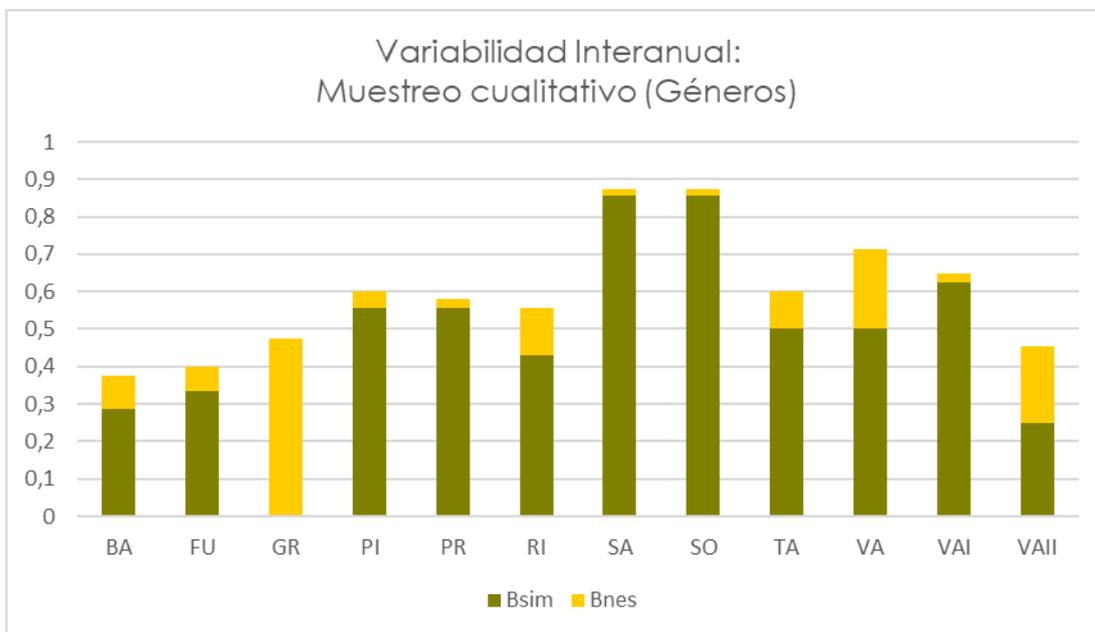


Figura 62. Representación de la variabilidad interanual del muestreo cualitativo β_{sor} , mediante sus componentes β_{sim} y β_{nes} .

Si analizamos el caso particular de Salime (según los datos del Anexo II), podemos comprobar que la riqueza de géneros durante el verano de 2012 fue la más alta de la serie histórica con 15 géneros para el muestreo cualitativo, mientras que para el verano de 2016 fue de 5, una de las más bajas. Estos datos correspondieron con unos resultados en cuanto al muestreo cuantitativo de un biovolumen de 2,174 mm³/l y una densidad celular de 1.457,84 cel/ml para el verano de 2012 y de un biovolumen de 0,124 mm³/l y una densidad celular de 143,8 cel/ml para el verano de 2015.

Las diferencias entre ambos tipos de muestreo en los valores de disimilitud resultaron ser no significativas conforme a ANOVA (Df = 1; F = 0,5449; p = 0,4682).

Embalses estratificados frente a no estratificados

Las diferencias en los valores de disimilitud entre embalses estratificados y no estratificados para el muestro cuantitativo resultaron ser no significativas conforme a ANOVA (Df = 1; F = 1,485; p = 0,251) y tampoco lo fueron para el muestreo cualitativo según ANOVA (Df = 1; F = 2,232; p = 0,166).

6.4.3. Variabilidad estacional: grupos algales

Muestreo cuantitativo

Aunque no tanto como al comparar composiciones taxonómicas basadas en géneros, la heterogeneidad interanual es notablemente elevada teniendo en cuenta el escaso número de grupos considerados (Valores de β_{SOR} entre 0,586 y 0,74, $\beta_{SOR\ MEDIA}=0,671\pm 0,060$, siendo el número de grupos = 10). Esta heterogeneidad sigue respondiendo más a una sustitución de unos grupos por otros (reemplazo o turnover) que a una pérdida de grupos (anidamiento), aunque la contribución del anidamiento es mayor que en el caso de los géneros, incluso dominante en Rioseco (RI) y Saliencia (SA).

Tabla 43. Variabilidad estacional para los grupos algales del muestreo cuantitativo.

Embalse	β_{SIM}	β_{NES}	β_{SOR}
BA	0,461	0,251	0,712
FU	0,345	0,246	0,591
GR	0,591	0,159	0,75
PI	0,531	0,186	0,717
PR	0,441	0,234	0,675
RI	0,226	0,36	0,586
SA	0,2	0,41	0,61
SO	0,346	0,263	0,609
TA	0,459	0,272	0,731
VA	0,474	0,266	0,74
VAI	0,585	0,125	0,71
VAII	0,341	0,28	0,621

β_{SOR} : heterogeneidad (riqueza beta); β_{SIM} parte de β_{SOR} atribuible a recambio de especies;
 β_{NES} : parte de β_{SOR} atribuible a anidamiento.

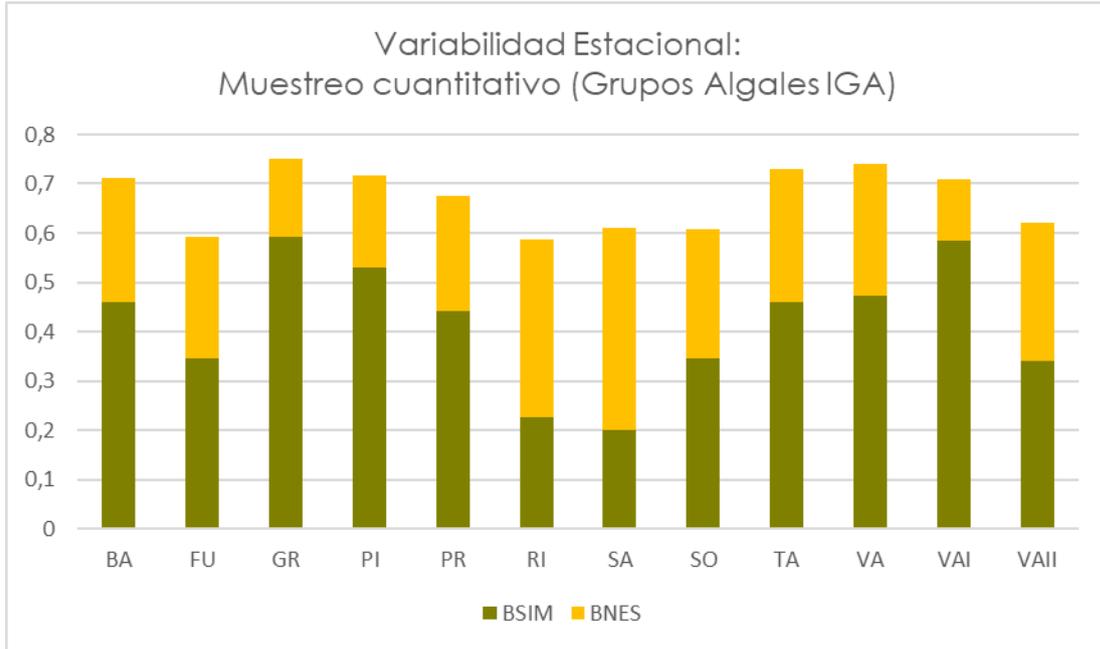


Figura 63. Representación de la variabilidad estacional para grupos algales del muestreo cuantitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{SIM} y β_{NES} .

Muestreo cualitativo

La lectura de los resultados nos indica que no parece haber grandes diferencias entre el muestreo cualitativo y el cuantitativo en cuanto a los valores de heterogeneidad, ya que al igual que pasaba con los géneros, los valores de β_{SOR} se mueven en el mismo rango de valores ($\beta_{SOR\text{ MEDIA}}=0,66\pm 0,041$).

Tabla 44. Variabilidad estacional para los grupos algales del muestreo cualitativo.

Embalse	β_{SIM}	β_{NES}	β_{SOR}
BA	0,37	0,32	0,69
FU	0,29	0,37	0,66
GR	0,45	0,21	0,66
PI	0,16	0,44	0,60
PR	0,42	0,25	0,67
RI	0,36	0,24	0,60
SA	0,38	0,27	0,65
SO	0,38	0,27	0,65
TA	0,51	0,17	0,68
VA	0,59	0,17	0,76
VAI	0,50	0,15	0,65
VAIL	0,54	0,09	0,63

β_{SOR} : heterogeneidad (riqueza beta); β_{SIM} parte de β_{SOR} atribuible a recambio de especies;
 β_{NES} : parte de β_{SOR} atribuible a anidamiento.

Además, la reducción de la variabilidad esperada con respecto al muestreo cualitativo de géneros, se reduce en la misma proporción. Finalmente, por lo general también predomina el recambio de especies, aunque el anidamiento es superior en el caso de Pilotuerto (PI) y Furacón (FU).

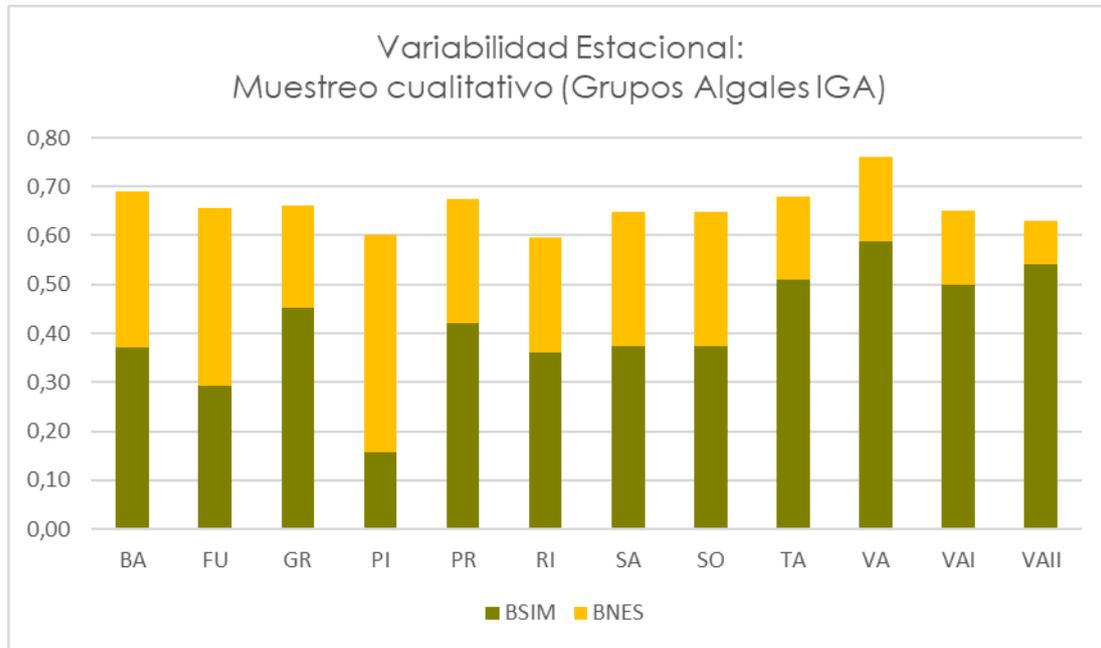


Figura 64. Representación de la variabilidad estacional para grupos algales del muestreo cualitativo β_{SOR} , mediante sus componentes β_{SIM} y β_{NES} .

Las diferencias entre ambos tipos de muestreo en los valores de disimilitud resultaron ser no significativas conforme a ANOVA ($Df = 1$; $F = 0,3341$; $p = 0,5691$) e indican que la respuesta a la cuestión planteada ¿es significativamente más variable en el tiempo la comunidad cuando la caracterizamos a través de una pequeña muestra cuantitativa que a través de una (más intensa) cualitativa considerando los grupos algales del IGA?, sería que no, sino que al igual que ocurría con los géneros, son similares.

Embalses estratificados frente a no estratificados

Las diferencias en los valores de disimilitud entre embalses estratificados y no estratificados para el muestro cuantitativo considerando los grupos algales del IGA resultaron ser no significativas conforme a ANOVA ($Df = 1$; $F = 1,102$; $p = 0,3184$; $P > 0,05$) y tampoco lo fueron para el muestreo cualitativo ANOVA ($Df = 1$; $F = 0,8392$; $p = 0,3812$).

6.4.4. Variabilidad interanual: grupos algales

Muestreo cuantitativo

Los resultados muestran que la variabilidad (β_{sor}) se ha reducido un 42,2% sobre el mismo muestreo cuantitativo realizado para los géneros y el valor medio se sitúa en el $0,388 \pm 0,215$. En cualquier caso los resultados no siguen un mismo patrón y hay embalses que presentan una heterogeneidad muy baja entre veranos consecutivos explicando la variabilidad por anidamiento como Furacón (FU), Pilotuerto (PI), Rioseco (RI) y Valle II (VAII), mientras que también existen embalses con una mayor heterogeneidad entre veranos debida al reemplazo como La Barca (BA), Priañes (PR), Somiedo (SO) y Valdemurio (VA).

Tabla 45. Variabilidad interanual para los grupos algales del muestreo cuantitativo.

Embalse	β_{sim}	β_{nes}	β_{sor} VERANO
BA	0,25	0	0,25
FU	0	0,25	0,25
GR	0,333	0,054	0,454
PI	0	0,333	0,333
PR	0,25	0	0,25
RI	0	0,111	0,111
SA	0	0,5	0,5
SO	0,5	0	0,5
TA	0,25	0,15	0,4
VA	1	0	1
VAI	0,25	0,083	0,333
VAII	0	0,273	0,273

β_{sor} : heterogeneidad (riqueza beta); β_{sim} parte de β_{sor} atribuible a recambio de especies; β_{nes} : parte de β_{sor} atribuible a anidamiento.

Una media de β_{sor} de $0,388 \pm 0,215$ puede parecer una variabilidad relativamente baja, pero no debemos olvidar que estamos analizando grupos algales. Así, en la mayor parte de los casos, la disimilitud es $\geq 0,25$, lo que para el caso concreto del embalse de Furacón (FU) supone que existían 5 grupos algales en el primer verano, de los cuales desaparecen 2 en el segundo. Por lo tanto estaríamos hablando de una pérdida del 40 % de los grupos, a pesar de que el resultado sea un 100% de anidamiento.

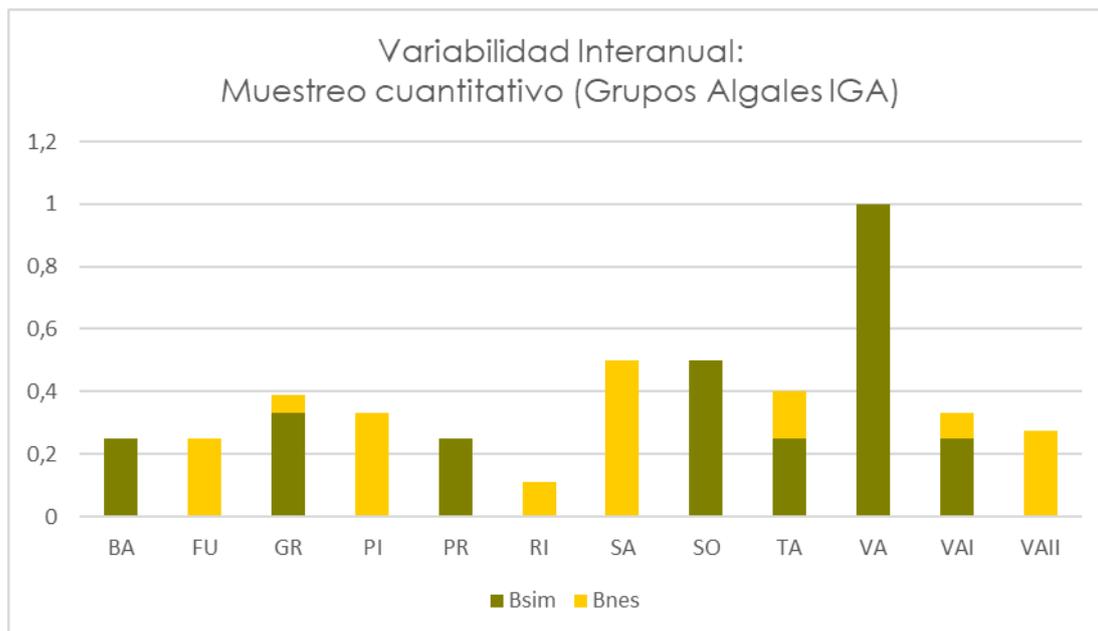


Figura 65. Representación de la variabilidad interanual para grupos algales del muestreo cuantitativo β_{sor} , mediante sus componentes β_{sim} y β_{nes} .

Muestreo cualitativo

Como podemos observar, al igual que en el caso anterior, la variabilidad interanual del muestreo cualitativo según los grupos algales del IGA disminuye en torno a un 32 % sobre el mismo muestreo cualitativo realizado para los géneros y el valor medio se sitúa en el $0,442 \pm 0,197$, dato llamativo ya que nuestra hipótesis planteaba que la variabilidad fuese menor para el muestreo cualitativo y este valor medio nos indica lo contrario.

El análisis de los componentes de la variabilidad nos vuelve a indicar que no hay un patrón claro ya que hay embalses que presentan una heterogeneidad baja entre veranos consecutivos explicando la variabilidad por anidamiento como Furacón (FU) o Salime (GR), mientras que también existen embalses con una mayor heterogeneidad entre veranos debida en su mayoría al reemplazo como Saliencia (SA) y Somiedo (SO).

Al igual que en el caso anterior, la mayoría de los embalses se sitúan con una variabilidad $\geq 0,33$, lo que implica, para el caso de PI, con un anidamiento del 100%, que de un verano a otro “desaparece” la mitad de los grupos algales. Concretamente durante uno de los veranos estaban presentes los grupos: Dnc (diatomeas no coloniales), Dc (Diatomeas coloniales), Cia (Cianobacterias) y Chc

(Clorococales coloniales), mientras que en el otro verano solo aparecen Dnc y Dc, por lo están presentes un 50 % menos de los grupos algales.

Tabla 46. Variabilidad interanual para los grupos algales del muestreo cualitativo.

Embalse	β_{sim}	β_{nes}	β_{sor} VERANO
BA	0	0,273	0,273
FU	0	0,111	0,111
GR	0	0,2	0,2
PI	0	0,333	0,333
PR	0,25	0,083	0,333
RI	0,25	0,15	0,4
SA	0,667	0,083	0,75
SO	0,667	0,083	0,75
TA	0,25	0,204	0,454
VA	0	0,6	0,6
VAI	0,5	0	0,5
VAll	0,333	0,167	0,6

β_{sor} : heterogeneidad (riqueza beta); β_{sim} parte de β_{sor} atribuible a recambio de especies; β_{nes} : parte de β_{sor} atribuible a anidamiento.

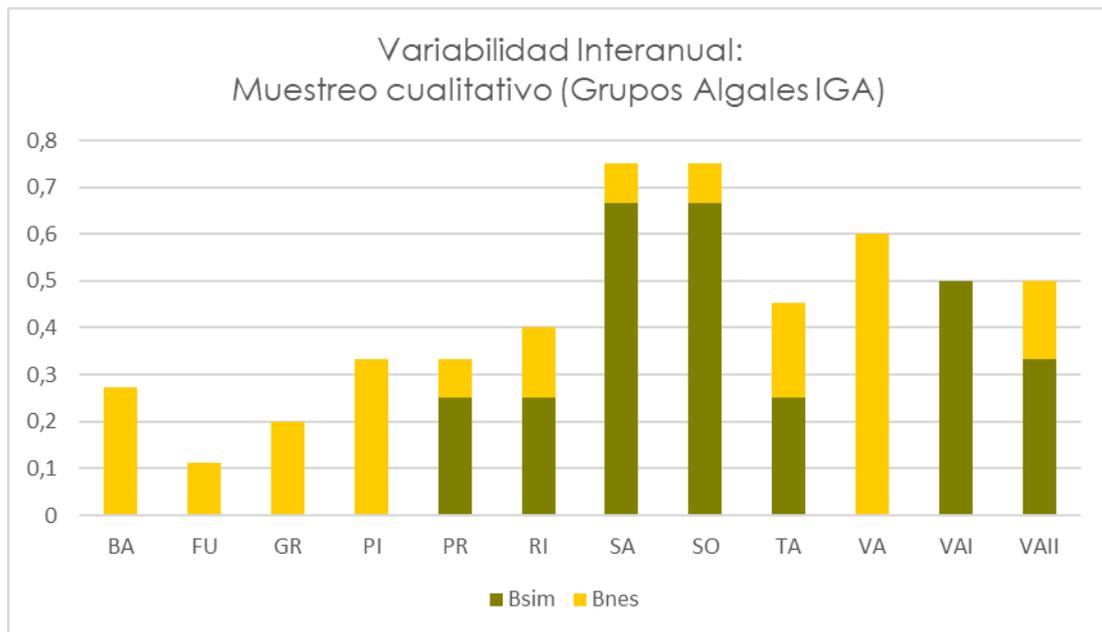


Figura 66. Representación de la variabilidad interanual para grupos algales del muestreo cualitativo β_{sor} , mediante sus componentes β_{sim} y β_{nes} .

Las diferencias entre el muestreo cualitativo y cuantitativo considerando los grupos algales en los valores de disimilitud resultaron ser no significativas conforme a ANOVA (Df = 1; F = 0,3787; p = 0,5446) e indican que los muestreos cualitativo y cuantitativo son similares en el análisis de la variabilidad interanual entre veranos.

Embalses estratificados frente a no estratificados

Las diferencias en los valores de disimilitud entre embalses estratificados y no estratificados para el muestro cuantitativo considerando los grupos algales del IGA resultaron ser no significativas conforme a ANOVA (Df = 1; F = 0,06983; p = 0,7969) y tampoco lo fueron para el muestreo cualitativo ANOVA (Df = 1; F = 0,625; p = 0,4475).

6.5. DISCUSIÓN

El estudio de las comunidades de fitoplancton centró su atención, allá por los años 70, en estudiar la presencia de ciertos nutrientes como elementos fundamentales de la red primaria de producción y acumulación de biomasa vegetal. Así, se desarrollaron modelos que establecían una relación empírica entre la carga de fósforo y la concentración de clorofila a (Vollenweider & Kerekes, 1980), describían al fósforo como el principal elemento limitante de la producción algal y a otros nutrientes como potencialmente limitantes: nitrógeno, silicatos y hierro (O.C.D.E., 1982; Margalef, 1976 & 1983), para clasificar el estado trófico de las aguas. Estas investigaciones llevaron a la percepción de que los problemas relacionados con las altas densidades de algas fueron únicamente debidos a la eutrofización, es decir, al enriquecimiento en nutrientes o, más específicamente al aumento en la carga de fósforo biológicamente disponible en el agua (Carpenter et al., 1998; Zohary et al., 2009) y se publicaron cientos de artículos tratando de relacionar la estructura y dinámica del fitoplancton con nutrientes individuales y sus proporciones (Jackson & Hecky, 1980; Rast & Thornton, 2003; Tian et al. 2017).

Con el paso del tiempo, la experiencia ha demostrado que los patrones de eutrofización y oligotrofia pueden variar significativamente frente a las predicciones de los modelos por numerosas razones (Padisak, 2003).

La eutrofización es un factor que determina la diversidad del fitoplancton, si bien existen autores que indican que tiende a aumentar la diversidad en condiciones de eutrofia (Almeida, 2012) y otros que indican lo contrario (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). Otro factor que se ha estudiado y que influye en el funcionamiento del ecosistema y en la renovación de la comunidad de fitoplancton es la dominancia de las cianobacterias (Vollenweider, 1968) y no podemos olvidar los nutrientes, que como ya comentamos, juegan un papel fundamental (Marinho et al, 2002).

Según Reynolds (1989), una secuencia jerárquica de factores químicos, físicos y biológicos condicionan la estructura de las comunidades de fitoplancton. Sin embargo, las habilidades del fitoplancton para reunir los recursos necesarios para apoyar el crecimiento celular y la replicación (es decir, los nutrientes), a menudo están limitadas por restricciones ambientales del propio ecosistema acuático (Reynolds, 2006). Por lo tanto, los factores ambientales cobran especial relevancia en los patrones de respuesta que muestra la comunidad de fitoplancton en embalses (Reynolds et al., 2000). Así, la estructura de la comunidad fitoplanctónica está condicionada por numerosos factores físicos como por ejemplo las fluctuaciones del nivel del agua y los tiempos de retención (Harris & Baxter, 1996; Huszar & Reynolds, 1997; Naselli-Flores, 2000, 2003; Naselli-Flores & Barone, 2000), la temperatura que induce los fenómenos de estratificación y mezcla (Berman & Shteinman, 1998; Charpin et al., 1998) la luz (Nicklisch, 1998; Scheffer, 2004), la transparencia del agua (Ariyadej, 2004), el viento (Reynolds, 1997; Moss, 1998) o las condiciones meteorológicas (Jovanović et al., 2017). Los fenómenos meteorológicos extremos también han sido propuestos como variables que influyen en la estructura de la comunidad (John et al., 2013)

Por otra parte, la presencia de macrófitos puede condicionar la comunidad de fitoplancton (Häggqvist & Lindholm, 2012; Kerstin & Tore, 2012), así como las poblaciones de peces, el zooplancton y las invasiones de especies, lo que agrega una dimensión biótica a los cambios ambientales (Angeler et al., 2012).

Finalmente, cabe reseñar que desde comienzos del siglo XXI son numerosos los estudios que tratan de analizar las variaciones en las comunidades de fitoplancton en relación con los cambios físicos que determinará el cambio climático y el cambio en los usos del suelo (George & Hurley, 2004; Weyhenmeyer et al., 1999; Phillips & Fawley, 2002; Watson et al., 2001; Evans et al., 2005; Naselli-Flores & Barone, 2005, 2007; Monteith et al., 2007; Noges et al., 2010; Sucker & Krause, 2010).

La consideración de todos estos factores genera un alto grado de incertidumbre en cuanto a la composición de la comunidad fitoplanctónica, si bien esta variabilidad es todavía susceptible de verse incrementada cuando hablamos de embalses, por ser éstas masas de agua artificiales sometidas a modificaciones específicas en función de su uso. Así, el modelo de gestión hidráulica de los embalses puede jugar un papel importante en embalses más dinámicos, al determinar una relación causal directa entre el fitoplancton y variables físicas como la estabilidad y la tasa de renovación hídrica, mientras en embalses menos dinámicos, el crecimiento de las

especies puede responder principalmente a la química del agua (León et al., 2012). La morfología del embalse y sus tasas de renovación pueden influir de manera muy importante en los patrones de variabilidad natural y consecuentemente en la propia estructura de la comunidad de fitoplancton (Calijuri et al., 2002) y finalmente, procesos como las mezclas artificiales del agua para conseguir una desestratificación del embalse, también pueden generar cambios en la comunidad fitoplanctónica (Burford, 2006).

Recordando aquí el primero de los objetivos propuestos en la investigación, que consistiría en estudiar la variabilidad estacional de la comunidad fitoplanctónica para determinar en qué medida ésta se debe a la sustitución de unos taxones por otros o la pérdida de taxones, cabe indicar que si bien existen varios estudios sobre la diversidad espacial beta que han diferenciado entre anidamiento o *turnover* (e.g. Hortal et al., 2011; Leprieur et al., 2011; Svenning et al., 2011), la evolución temporal de la comunidad con esos patrones ha sido menos estudiada (Angeler, 2013; Soares et al., 2015; Wojciechowski et al., 2017).

Los embalses analizados en nuestro estudio están caracterizados por una fuerte variabilidad temporal en la composición de la comunidad del fitoplancton y la **variabilidad estacional** de la composición taxonómica medida como la disimilaridad en la composición específica, **se puede explicar fundamentalmente por el reemplazo** (o *turnover*). Esto transmite la imagen de una comunidad con una composición taxonómica muy variable de unas estaciones a otras, en la que el cambio de época conlleva simultáneamente la pérdida de taxones y la aparición de otros nuevos.

La elevada variabilidad estacional podría, desde el punto de vista de la gestión, ser asumible siempre que la variabilidad interanual (entre mismas estaciones: verano-verano) fuese reducida y la estacional presentase algún patrón repetitivo.

Por su parte, la **variabilidad interanual** presentó valores elevados, que igualmente **se explican en su mayoría por el reemplazo de especies o turnover**, lo que limita por completo nuestra capacidad para tratar de establecer patrones predecibles de la comunidad, como se pretendía en un primer momento, toda vez que tampoco se detectan patrones en la variabilidad estacional.

Esta elevada variabilidad no es sorprendente y ha sido puesta de relieve por numerosos autores que han empleado técnicas estadísticas similares a las utilizadas en la investigación. Los valores obtenidos en un estudio realizado sobre la

variabilidad temporal de la de β -diversidad de la comunidad fitoplanctónica de varios lagos boreales a lo largo del periodo 1992-2009 (Angeler, 2013) indicaron valores de β_{SOR} entre 0,875 y 0,89, no muy diferentes a los obtenidos en la investigación en torno al 0,803. En ese mismo estudio se puso de manifiesto que el componente principal de la variabilidad se debía al reemplazo de especies o *turnover* (β_{SIM} presentó valores que fluctuaron entre 0,80 y 0,83) frente al anidamiento (los valores de β_{NES} se situaron en torno a 0,045 y 0,075), lo que nuevamente coincide con nuestra investigación con un β_{SIM} de 0,71 y un β_{NES} de 0,09. Resulta interesante analizar cómo el cálculo de la variabilidad temporal de la β -diversidad de forma anual entre el periodo 1992-2009 permite establecer una evolución de la misma a lo largo de todo el periodo muestreado, presentando un patrón en el que el reemplazo muestra un incremento con los años y el anidamiento tiende a descender.

Por otra parte, las investigaciones sobre la variación temporal de la diversidad beta del fitoplancton a lo largo de 8 años de forma estacional (2005-2013: 8 años x 4 estaciones = 32 periodos de muestreo) en 17 embalses del sur de Brasil (Wojciechowski et al., 2017) indicaron una diversidad β_{SOR} entre 0,880 y 0,915, que se explicaba fundamentalmente por *turnover* (β_{SIM} 0,856 \pm 0,018) frente al anidamiento (β_{NES} 0,043 \pm 0,013). Por último, señalaremos el estudio realizado por Xue (Xue et al., 2018) sobre los patrones de la β -diversidad del fitoplancton al estudiar las comunidades de plancton eucariota abundantes y raras tras un afloramiento (*bloom*) de cianobacterias producido en un embalse, que reveló que el *turnover* explicaba la mayoría de la β -diversidad y condujo al cambio en la composición de la comunidad con el tiempo (ver también Filstrup et al., 2014)

Estos datos vienen a corroborar nuestra investigación en cuanto a las altas variabilidades estacionales obtenidas y a la importancia del reemplazo de especies frente al anidamiento (ver también León et al., 2012).

Cabe señalar que los dos primeros estudios citados, también analizaron las correlaciones de los componentes de la variabilidad con algunas variables ambientales que parece que presentaban relación, como el disco de Secchi, la conductividad o el color del agua, explicando un 38% de la varianza en el caso de Angeler & Drakare (2013), mientras que Wojciechowski et al. (2017), probaron como la variabilidad se correlaciona con las condiciones climáticas, la heterogeneidad ambiental, la productividad y la dominancia de cianobacterias.

Otros estudios que han analizado la β -diversidad desde el punto de vista espacial, como el realizado por Maloufi et al. (2016), con muestreos realizados en 50 lagos durante el verano de 2006 y el verano de 2011, mostraron una alta variabilidad en la β -diversidad, explicando la mayoría mediante el *turnover* ≈ 1 . Cabe señalar que en este caso ninguna de las variables ambientales incluidas en los análisis afectó a la comunidad de fitoplancton.

Para tratar de reducir la variabilidad e intentar disminuir el grado de complejidad de la comunidad se emplearon **grupos algales del IGA** (de forma similar al tratamiento realizado para los grupos funcionales propuesto por Reynolds et al. (2000), Padisák et al. (2009) y Becker et al. (2010). El resultado es que si bien **la variabilidad se ha visto reducida**, la falta de un patrón claro en la heterogeneidad entre veranos consecutivos, explicando la mayor parte de la variabilidad por la predominancia del reemplazo (a pesar del bajo número de grupos = 10), dificultan igualmente el manejo de la comunidad. Este resultado tiene implicaciones directas en gestión, dado que el IGA es de uso preceptivo para evaluar el estado ecológico de los embalses (RD 817/2015).

Lo dicho hasta aquí, alude a la variabilidad en la composición taxonómica. Podría darse el caso de que, aun siendo esta elevada, existiesen variables del fitoplancton que, por su carácter agregado, mostrasen valores mucho más estables (p. ej., biovolumen, clorofila a). De ser así, la variabilidad en la composición podría ser un problema marginal en gestión. Sin embargo, los datos del capítulo 5 (apartado 5.2.1), nos permiten identificar una alta variabilidad en determinadas variables de interés como son precisamente el biovolumen o la clorofila a. Así, resulta llamativo como estas variables no muestran un paralelismo con patrones esperables de estacionalidad en la comunidad, lo que coincidiría con el trabajo de Maloufi et al. (2016).

Con el fin de buscar algún factor diferencial de los embalses que pudiese relacionarse con la variabilidad en la composición taxonómica, seleccionamos los embalses que presentan estratificación frente a los que no lo hacen. El régimen de mezcla en los embalses puede resultar determinante en la presencia de recursos disponibles y por lo tanto es un factor fundamental que influye en la estructura de las poblaciones de fitoplancton (Becker et al., 2010, Lindenschmidt & Chorus, 1998, Ramirez et al., 1999), si bien el resultado de nuestra comprobación sobre si existen **diferencias en la variabilidad de la comunidad entre embalses estratificados y no estratificados**, concluyó con que **son similares**.

Como se ha visto, **la variabilidad de la comunidad de fitoplancton es alta y además se explica mayoritariamente por el reemplazo de especies**, lo que no nos permite acometer uno de los objetivos fijados en un inicio que se correspondía con la posibilidad poder predecir cambios estacionales o interanuales para tratar de establecer valores de índices como el IGA (índice de grupos algales), cuyo resultado es el que finalmente se emplea para en el cálculo del índice de potencial ecológico (IPE). Hay que destacar en este punto una conclusión a la que llegó Wojciechowski en su estudio (Wojciechowski et al., 2017) cuando indicó que los patrones temporales detectados en la comunidad mediante muestreos puntuales, no deben ser extrapolados a otras comunidades diferentes.

En cierto modo, no es de sorprender esta elevada variabilidad encontrada por numerosos autores habida cuenta de que una de las características del fitoplancton es la diferente duración de las generaciones o ciclos de vida que presentan las especies que lo componen. Así, existen generaciones en el orden de un día, que responden rápidamente a los cambios ambientales. Estos cambios pueden producirse en escalas de tiempo de minutos a horas y son suficientes para provocar cambios en la comunidad (Goldman & Glibert, 1982; Demers et al., 1991; Hemme et al., 2014).

Si analizamos los estudios realizados para tratar de predecir cambios en las comunidades de fitoplancton, podemos encontrar trabajos que concluyen en la dificultad de realizar predicciones y por tanto no resuelven el problema. Así lo sugieren las contribuciones de Honti et al. (2007) o la de Lopes (2017) para otros organismos como el zooplancton. Thomas et al. (2018) incluso plantean la dificultad de predecir con datos obtenidos en intervalos de 4 horas, pero se muestran optimistas con el futuro de los modelos predictivos.

Si bien todo parece indicar que el comportamiento de las comunidades de fitoplancton presenta un patrón estocástico, hay que señalar trabajos como el de Angeler & Draker (2013), que demostraron que la diversidad beta del fitoplancton fluctuó alrededor de una media a largo plazo entre 1992 y 2009. El ejemplo del lago Erken en Suecia, también es reseñable ya que las investigaciones sobre la comunidad de fitoplancton han permitido establecer una línea base que se repite a lo largo del tiempo (Yang et al., 2016), si bien ha sido como consecuencia de dieciséis años de muestreos semanales o quincenales y por lo tanto con un considerable trabajo de campo y una gran inversión de tiempo y recursos.

Si efectivamente el problema para poder predecir radica en la intensidad del muestreo y en la disponibilidad de datos, resulta interesante llamar la atención sobre otra idea que podría considerarse para tratar de predecir estas comunidades tan influenciadas y cambiantes. Parece ser que cuantos más datos tenemos, nuestra capacidad de predecir aumenta y esto restaría importancia al fenómeno estocástico. En esta línea se enmarca el trabajo realizado por Dakos et al. (2009), cuando analizan las variaciones interanuales de la composición del fitoplancton e indican que pueden ser explicadas como el caos arrastrado estacionalmente (*seasonally entrained chaos*). Es decir, la composición de especies puede ser una propiedad intrínseca de comunidades de múltiples especies en un entorno estacional. En sus simulaciones, las abundancias y la aparición de muchas especies de plancton variaron fuertemente tanto en años como entre años. Algunas especies presentan un pico anual, otras dos o tres, mientras que otras solo presentan picos de forma ocasional. Los resultados del modelo muestran que este mecanismo de estacionalidad (caos arrastrado) puede crear fácilmente variabilidad interanual en la composición de especies sin invocar diferencias de año a año en las condiciones ambientales externas. Por lo tanto, la variabilidad interanual en la composición de especies no implica necesariamente que la composición de las especies varíe el azar.

En cualquier caso, y desde el punto de vista de los objetivos del trabajo, podemos concluir que las comunidades de fitoplancton de todos los embalses estudiados y para los dos tipos de muestreo, presentan una alta variabilidad temporal (estacional e interanual) con un anidamiento bajo, frente a un reemplazo alto, que impide detectar patrones claros y la posibilidad de predecir cambios entre diferentes estaciones.

Otra conclusión importante de nuestro estudio que no debe pasar inadvertida son los resultados obtenidos mediante los **muestreos cuantitativo y cualitativo**, que indican que **no hay diferencias entre ambos tipos de muestreo** y por lo tanto nuestra hipótesis de que fuese menos variable la comunidad de fitoplancton caracterizada por el muestreo cualitativo no se cumple, al presentar ambos muestreos una alta variabilidad y un comportamiento estocástico. Este aspecto puede resultar de interés desde el punto de vista de la gestión, ya que el nivel de esfuerzo y recursos que se dedica a la obtención de la muestra cuantitativa es mucho mayor que el del muestreo cualitativo. Además, esto abre la puerta para que los protocolos definidos por el MITECO estudien otras posibilidades de muestreo más novedosas,

rápidas y baratas, como pueden ser las que incluyen las técnicas de DNA metabarcoding (ver Banerji et al., 2018).

7. VALORACIÓN CRÍTICA DEL ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO

El estudio de la calidad de los embalses se centró históricamente en la determinación del estado trófico y el análisis de métricas como el fósforo total, el fitoplancton (clorofila *a*, densidad algal, biovolumen), la transparencia de la columna de agua (disco de Secchi), etc, (Vollenweider & Kerekes, 1980; O.C.D.E., 1982; Rast & Thornton, 2003).

La publicación de una serie de protocolos por parte del MITECO (ver apartado 1.1) así como la entrada en vigor del RD 817/2015 que establece cómo debe procederse a la determinación del estado de una masa de agua muy modificada tipo embalse, mediante el cálculo de índice de potencial ecológico (IPE), pretenden una normalización basada en el empleo de indicadores relacionados con el elemento de calidad biológica fitoplancton.

El presente capítulo aborda el análisis del Índice de Potencial Ecológico (IPE) para tratar de establecer si su utilización en la determinación del potencial ecológico de las masas de agua de tipo embalse resulta adecuada considerando los resultados obtenidos en la caracterización de los 12 embalses objeto de estudio (ver capítulo 5), así como las conclusiones del estudio de la variabilidad de la comunidad fitoplanctónica (según capítulo 6).

7.1. RESUMEN DE RESULTADOS Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación se presentan algunos aspectos interesantes derivados del análisis de resultados del capítulo 5. Analizaremos la homogeneidad que parece presentar el IPE frente a la variabilidad que obtenemos con el TSI o el ET.

7.1.1. Homogeneidad de resultados del IPE

Los resultados obtenidos en cuanto a los valores del Índice de Potencial Ecológico (IPE) para los embalses estudiados, presentan una gran homogeneidad. En comparación con otros indicadores tradicionales del estado trófico, el IPE presenta una baja capacidad de diferenciación entre clases de estado y una tendencia hacia potenciales ecológicos muy buenos y buenos (ver Tabla 47, frente a los resultados de las Tablas 48 y 49. Para una mejor interpretación, se presentan todas

la tablas juntas en el Anexo III). Así, de los 144 muestreos realizados en los 12 embalses a lo largo de 6 años, el IPE solo ha sido distinto de bueno o muy bueno en cinco ocasiones, que suponen tan solo un 3,47% del total, de las que cuatro fue moderado y una deficiente:

- Durante el verano de 2012 en el embalse de La Barca. Una clorofila a de 18,48 µg/l supone un RCE normalizado de 0,31 y un porcentaje de cianobacterias del 98,17% implica un RCE normalizado de 0,015. El biovolumen de 0,626 mm³/l y el IGA de 3,47 con sus RCE normalizados de 0,79 y 0,87 respectivamente, suponen un RCE Composición 0,44 y un RCE Biomasa 0,55, por lo que el IPE toma un valor de 0,496 que implica un potencial ecológico moderado.
- Durante el verano de 2016 en el embalse de La Barca. Con una clorofila a de 13,64 µg/l, un biovolumen de 5,116 mm³/l, un IGA de 123,89 y un % de cianobacterias de 37,6 %, se obtiene un IPE de 0,370, lo que supone un potencial ecológico del embalse de deficiente, siendo el valor más bajo obtenido en todas las campañas realizadas.
- Durante el verano de 2015 en el embalse de Valle I. Una clorofila a de 14,29 µg/l y un biovolumen de 9,08 mm³/l implican un RCE Biomasa 0,196, lo que se traslada al IPE obteniendo un valor de 0,5582 y clasificando el potencial ecológico como de moderado.
- Durante la primavera de 2015 en el embalse de Salime. Una clorofila a de 10,16 µg/l, un biovolumen de 7,26 mm³/l, un IGA de 17,59 y un % de cianobacterias de 0 %, catalogan el embalse como moderado en cuanto a su potencial ecológico, ya que el IPE obtenido es de 0,577
- Durante el invierno de 2017 en el embalse de Salime. Con una clorofila a de 16,97 µg/l, un biovolumen de 2,69 mm³/l, un IGA de 45,18 y un % de cianobacterias de 0 %, se obtiene un IPE de 0,577, lo que supone un potencial ecológico moderado para el embalse.

En la Figura 67 se representa la clasificación obtenida para todos los muestreos realizados (n=144) según el IPE. Para poder apreciar mejor las clases, se ha representado el muy bueno en azul, si bien oficialmente también sería verde.

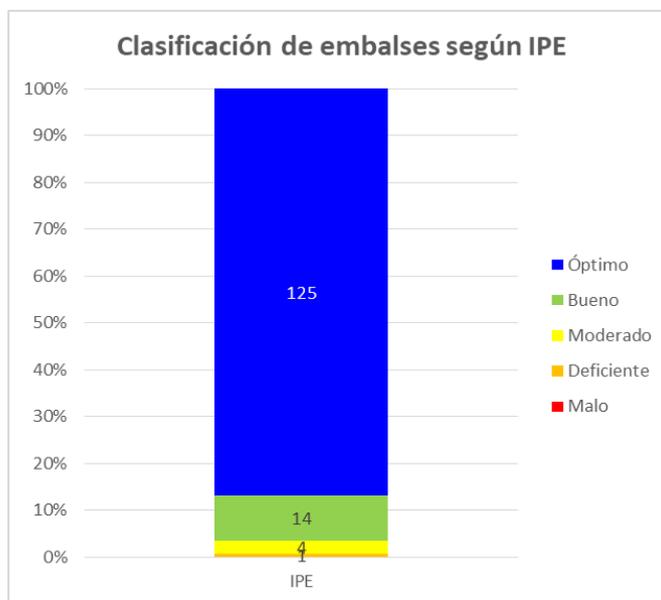


Figura 67. Clasificación de embalses según IPE.

En la Tabla 47 se representan todos los resultados obtenidos en las 144 muestras analizadas a lo largo de todo el periodo de muestreo, indicando los valores del IPE y su potencial ecológico. Como puede comprobarse, existe una gran homogeneidad en cuanto a los resultados obtenidos.

Tabla 47. Potencial Ecológico de los embalses estudiados.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	0,988	0,994	0,995	0,995	1	0,995	1	0,883	1	0,881	0,872	0,988
	Max.	Max.	Max.	Max.								
PRIAÑES	0,992	0,995	0,995	0,994	1	0,995	1	1	1	0,957	0,935	1
	Max.	Max.	Max.	Max.								
VALDEMURIO	0,848	0,995	0,995	0,995	0,913	0,994	0,956	1	1	0,998	0,991	0,913
	Max.	Max.	Max.	Max.								
PILOTUERTO	0,992	0,992	0,992	0,992	0,997	0,992	0,941	0,968	0,981	0,974	0,995	0,993
	Max.	Max.	Max.	Max.								
LA BARCA	0,496	0,943	0,992	0,858	0,785	0,695	0,747	0,602	0,370	0,627	0,997	0,746
	Mod.	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Bue.	Bue.	Def.	Bue.	Max.	Bue.
RIOSECO	0,994	0,994	0,995	0,985	0,903	0,936	0,958	0,859	0,848	0,695	1,000	0,638
	Max.	Bue.	Max.	Bue.								
TANES	0,947	0,992	0,995	0,912	0,898	0,993	0,977	0,779	0,924	0,602	0,957	0,864
	Max.	Bue.	Max.	Bue.	Max.	Max.						
SALIENCIA	0,978	0,995	0,995	0,995	1,000	0,995	0,986	0,992	1,000	1,000	0,927	1,000
	Max.	Max.	Max.	Max.								
SOMIEDO	0,978	0,995	0,994	0,811	1,000	0,995	1,000	0,924	1,000	1,000	0,974	0,950
	Max.	Max.	Max.	Max.								
VALLE I	0,992	0,996	0,994	0,980	0,558	0,995	0,975	0,983	0,958	1	0,954	0,985
	Max.	Max.	Max.	Max.	Mod.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
VALLE II	1,000	0,967	0,995	0,994	1,000	0,959	0,977	0,834	1,000	1,000	1,000	1,000
	Max.	Max.	Max.	Max.								
SALIME	0,864	0,798	0,987	0,670	0,972	0,879	0,809	0,577	0,647	0,886	0,577	0,727
	Max.	Bue.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Mod.	Buen.	Max.	Mod.	Bue.

Max. Máximo, Bue. Bueno, Mod. Moderado, Def. Deficiente, Mal. Malo

7.1.2. Variabilidad del Trophic State Index (TSI) y Estado Trófico (ET)

El análisis de los valores obtenidos en el capítulo 5 en relación con el grado de eutrofia de los embalses, mediante el cálculo del TSI y del ET, permite obtener unas catalogaciones menos homogéneas que las del IPE. Así en la Figura 68 se representan los resultados para los 144 muestreos.

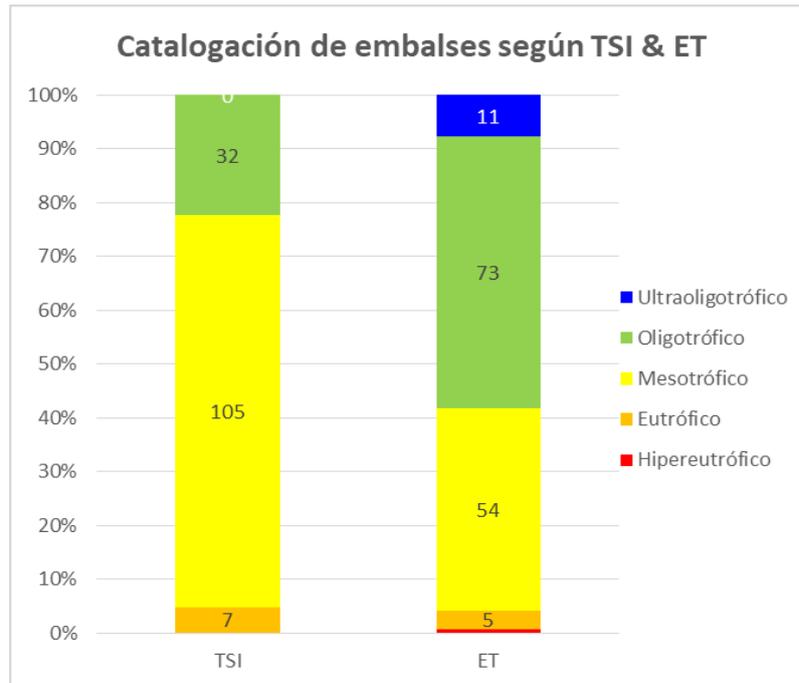


Figura 68. Clasificación de embalses según TSI y ET.

El TSI tiende a clasificar los embalses como mesotróficos (72,9 %). Un 22 % serían oligotróficos y casi un 5% eutrófico.

Por otra parte, el ET plantea un escenario donde en el 58,3 % de las ocasiones los embalses son oligotróficos o ultraoligotróficos, frente a un 37,5 % mesotróficos y un 4,1 % eutrófico o hipereutrófico, catalogando embalses en todas las clases posibles.

En las Tablas 48 y 49 (y en el Anexo III para mayor facilidad en su consulta) se presentan los resultados numéricos y la catalogación trófica final para el TSI y el ET de todas las campañas de muestreo realizadas.

Tabla 48. Grado de eutrofia según TSI de los embalses estudiados.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	54,60	52,10	44,92	50,25	48,13	54,47	58,01	51,90	45,28	46,23	43,88	48,58
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.
PRIAÑES	56,27	54,98	46,1	52,50	52,01	56,89	58,36	50,25	52,63	44,08	45,58	51,37
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.
VALDEMURIO	59,40	49,61	52,92	39,09	53,06	69,87	56,22	47,07	39,82	36,98	41,57	45,92
	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Eut.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Mes.	Mes.
PILOTUERTO	55,09	44,05	47,02	41,86	46,94	61,03	65,14	49,66	33,65	34,92	35,56	35,99
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Eut.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
LA BARCA	65,63	50,51	36,70	52,24	45,99	60,73	47,21	58,07	50,63	46,26	36,78	43,67
	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.
RIOSECO	53,94	51,73	39,99	54,24	42,82	55,51	46,53	57,16	32,79	44,55	41,11	46,69
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.
TANES	53,41	47,78	37,87	48,35	45,41	53,07	46,09	56,31	39,81	44,55	38,66	39,83
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.
SALIENCIA	46,51	40,65	48,26	43,18	44,59	45,31	39,25	27,61	32,58	33,02	41,11	33,02
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.
SOMIEDO	51,84	41,12	53,24	45,92	43,15	44,51	42,21	50,15	32,58	33,02	32,72	33,02
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
VALLE I	51,50	43,62	47,00	50,83	57,64	43,15	48,58	45,57	30,35	31,02	31,45	41,12
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.
VALLE II	51,82	50,54	42,50	47,78	42,33	57,73	45,91	53,19	28,17	39,54	37,11	35,48
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
SALIME	51,91	52,06	52,23	67,79	53,17	58,69	48,80	61,25	50,05	38,44	49,96	49,68
	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.

Hip. Hipereutrífico, Eut. Eutrífico, Mes. Mesotrófico, Olig. Oligotrófico, Ult. Ultraoligotrófico

Tabla 49. Grado de eutrofia según ET de los embalses estudiados.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	3,3	3,5	3,8	3,3	3,5	3,5	3,0	3,5	3,8	3,5	3,3	3,5
	Mes.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.
PRIAÑES	3,3	3,3	3,8	3,0	3,3	3,3	2,8	3,3	3,25	3,5	3,3	3,0
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.
VALDEMURIO	2,8	3,8	3,5	4,0	3,0	3,5	3,3	3,3	3,8	4,0	3,5	3,5
	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
PILOTUERTO	3,8	3,8	3,8	4,3	3,8	3,3	3,3	3,3	4,3	4,0	4,5	4,0
	Olig.	Olig.	Olig.	Ultraol.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Ultraol.	Olig.	Ultraol.	Olig.
LA BARCA	2,5	3,3	4,0	2,8	3,3	2,5	4,0	2,5	2,5	3,0	4,3	3,3
	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Eut.	Olig.	Eut.	Eut.	Mes.	Ultraol.	Mes.
RIOSECO	3,3	3,0	3,8	3,3	3,5	2,8	3,3	2,8	3,8	3,3	3,8	3,3
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.
TANES	3,3	3,3	4,0	3,0	3,5	3,0	3,8	2,8	3,8	3,3	4,0	3,8
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.
SALIENCIA	3,8	4,0	3,8	3,8	3,8	3,8	4,3	3,8	4,3	4,3	3,8	4,3
	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Ultraol.	Olig.	Ultraol.	Ultraol.	Olig.	Ultraol.
SOMIEDO	3,8	4,0	3,5	3,8	3,8	3,8	4,0	3,8	4,3	4,3	4,0	4,0
	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Ultraol.	Ultraol.	Olig.	Olig.
VALLE I	3,5	3,8	3,5	3,3	3,0	4,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	3,8
	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
VALLE II	3,5	3,3	3,8	3,8	4,0	3,0	3,5	3,3	4,5	3,8	4,0	4,0
	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Ultraol.	Olig.	Olig.	Olig.
SALIME	3,0	3,3	3,3	1,8	3,3	3,0	3,0	2,3	3,0	4,0	2,8	3,0
	Mes.	Mes.	Mes.	Hiper.	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.

Hiper. Hipereutrófico, Eut. Eutrófico, Mes. Mesotrófico, Olig. Oligotrófico, Ult. Ultraoligotrófico

7.1.3. Planteamiento del análisis y objetivos específicos

Como se ha podido evidenciar, el IPE de las n=144 muestras clasifica al 96,53 % de los embalses con un potencial ecológico bueno o muy bueno, mientras que este porcentaje se reduce a un 22,22 % si nos referimos al estado oligotrófico en el caso del TSI o a un 58,3 % en el caso del ET.

El 72,91% de los embalses se catalogarían como mesotróficos, según el TSI y el 37,5 % según el ET. Este tipo de catalogación trófica, responde a una tradición limnológica clásica y con multitud de referencias científicas que la avalan, por lo que podemos afirmar que el cálculo del TSI/ET tiene unas bases científicas sólidas. ¿Cómo podemos explicar entonces esta diferencia de criterios en la clasificación?

A lo largo del presente capítulo, vamos a tratar de abordar una serie de aspectos relacionados con el IPE (Índice de Potencial ecológico). En primer lugar, como acabamos de ver en el apartado anterior, es llamativo como el IPE presenta una gran homogeneidad mientras que el TSI o el ET son mucho más variables. Como puede comprobarse analizando la respuesta del IPE frente al TSI-ET, solo durante el verano de 2012 en el embalse de la Barca y en la primavera del 2018 en Salime, coinciden los resultados de una eutrofia según el TSI con un IPE moderado. En el caso del ET, las coincidencias se limitan a esos mismos escenarios, si bien también coinciden en el verano de 2016 de La Barca, que presenta un IPE deficiente y un ET eutrófico.

De las cinco ocasiones que el IPE no fue bueno o muy bueno, solo tres coinciden claramente con episodios de eutrofia, mientras que por el contrario, las clasificaciones del TSI y ET presentan muchos más estados mesotróficos y eutróficos a lo largo de todo el periodo de muestreo. Se evidencia por tanto que el índice de potencial ecológico obtiene siempre unos resultados muy homogéneos, frente al TSI/ET, que son mucho más variables y proporcionan una clasificación del estado de las masas de agua diferentes.

Los rangos de resultados obtenidos para cada uno de los indicadores empleados para calcular tanto el IPE como el TSI/ET, indican una variabilidad relativamente alta, por lo que el hecho de obtener unos índices de potencial ecológico tan similares (en el 97% de los casos el potencial es bueno o muy bueno) permite plantear varias preguntas a modo de **objetivos específicos**:

- **¿Está relacionado el IPE con el TSI/ET?** Lo lógico sería pensar que sí, puesto que la eutrofia es un estado que implica que las condiciones de un embalse no son buenas y por lo tanto un índice que trate de determinar el estado de los embalses debería ser sensible a este tipo de impactos. Puede que en estos casos efectivamente sea sensible, pero el IPE esté diseñado para no ser sensible solo a la eutrofia, ya que el objetivo del mismo es establecer un estado general (en el que se englobarían los efectos de la eutrofia, pero no solo estos, sino todas las presiones e impactos que se podrían dar sobre los embalses). En este sentido cobraría especial interés realizar un **análisis de presiones e impactos** para determinar a cuales podrían estar sometidos los embalses objeto de estudio.
- Por otra parte, considerando el comportamiento estocástico de la comunidad de fitoplancton analizado en el capítulo 6, el procedimiento de cálculo del IPE cobra especial relevancia ya que se calcula únicamente sobre la base de 4 indicadores (IGA, % de cianobacterias, biovolumen y clorofila a), todos ellos relacionadas con el fitoplancton. **¿Cómo afecta cada uno de los indicadores al IPE?** Los estados obtenidos para cada indicador **¿responden a la clasificación final del estado? ¿cuál es su relación con el TSI/ET?**

Una vez analizado todo lo anterior, se podría plantear la posibilidad de **introducir correcciones o modificaciones en el cálculo del IPE** y que estas generen una mejor relación entre el IPE y el TSI/ET en su caso.

Finalmente en el presente capítulo abordaremos la posibilidad de **incorporar una corrección del IPE basada en el empleo de elementos físico-químicos**, tal y como establece la DMA, siempre que ello permita mejorar los resultados obtenidos.

7.2. ¿REFLEJA EL IPE LOS EFECTOS DE LAS PRESIONES AMBIENTALES?

Como ya apuntamos, el potencial ecológico y el grado de eutrofia emplean índices diferentes. La pregunta es si en el caso que nos ocupa y en relación con los embalses objeto de estudio, el IPE debería tener relación con el TSI/ET.

El IPE trata de clasificar el potencial ecológico de los embalses a través de una serie de indicadores que deberían reflejar el efecto de las presiones (los impactos) sobre el estado de la masa de agua. Entre estos impactos, la eutrofización es el más

evidente, pero podría haber otros. El IPE debería ser sensible a alguno de ellos (o a un conjunto) y por ello, lo primero que vamos a plantear es un análisis de las principales presiones e impactos que afectan a los embalses objeto de estudio, con la idea de ver si las presiones a las que están sometidos se manifiestan mediante la eutrofización, en cuyo caso los índices deberían estar relacionados.

7.2.1. Análisis de presiones e impactos

Resulta necesario, antes de analizar la relación del IPE con el TSI/ET, conocer las presiones a las que están sometidos los embalses objeto de estudio para determinar su naturaleza, así como la manifestación esperada de su impacto sobre los propios embalses.

Las presiones en los embalses pueden ser de tipo directo en su entorno inmediato, o difuso, cuando tienen lugar en su cuenca vertiente. Estas presiones pueden estar relacionadas con varios aspectos (DGA, 2010):

-La calidad del agua embalsada depende en primer lugar de las características naturales del territorio del que recoge sus aguas; por ejemplo dependiendo de la litología tendrá unos niveles de conductividad, pH, nutrientes, etc. Podemos encontrar fuentes de contaminación puntual (fundamentalmente los vertidos de las poblaciones o de las actividades económicas-industriales, que pueden hacerse directamente al embalse o a sus cauces tributarios) o difusas como las derivadas de los usos del suelo (urbano, agrícola, etc.) en la cuenca vertiente del embalse. Aquí también podrían incluirse la presencia de gasolineras o vertederos ubicados en la cuenca de los embalses que presenten una mala impermeabilización y que generen lixiviados que pueden llegar a los acuíferos y a los cauces.

-La erosión de todo el territorio de la cuenca, que determinará la carga de sedimentos que llegan al embalse y quedan retenidos en él. El nivel de erosión depende tanto de variables naturales (litología, relieve y clima) como antrópicas de usos del suelo y de niveles de deforestación y deterioro de la cubierta vegetal.

-La cantidad de agua que llega a un embalse, que proviene del balance hídrico natural de su cuenca vertiente, restando los volúmenes detraídos para uso humano que se realicen aguas arriba.

En el apartado 3.2. "Presiones" de la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH), se tratan las

presiones sobre las masas de agua y las disposiciones generales a considerar para la elaboración del inventario de presiones de una demarcación.

En relación con la Confederación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, donde se ubican los embalses objeto de estudio, las principales presiones identificadas son las siguientes establecidas en el Anexo VII (CHC, 2013):

1. Presiones sobre las masas de agua superficial:

Las presiones sobre las masas de agua superficial (ríos, lagos, aguas de transición y aguas costeras) consideradas, incluyen, en especial, la contaminación originada por fuentes puntuales y difusas, la extracción de agua, la regulación del flujo, las alteraciones morfológicas, los usos del suelo y otras afecciones significativas de la actividad humana.

1.1. Fuentes puntuales de contaminación en aguas superficiales:

- a) Vertidos urbanos de magnitud superior a 250 habitantes equivalentes
- b) Vertidos industriales biodegradables
- c) Vertidos industriales no biodegradables
- d) Vertidos de plantas de tratamiento de fangos
- e) Vertidos de piscifactorías y cetáceas con un volumen superior a 100.000 m³/año
- f) Vertidos de aguas de achique de minas
- g) Vertidos térmicos
- h) Vertidos de aguas de tormenta
- i) Vertidos de plantas desaladoras
- j) Vertederos e instalaciones para la eliminación de residuos
- k) Vertidos de otras fuentes puntuales significativas

1.2. Fuentes de contaminación difusa en aguas superficiales:

- a) Actividades agrícolas
- b) Cabezas de ganado
- c) Vertidos accidentales
- d) Superficie ocupada por redes de transporte e Infraestructuras asociadas sin conexión a redes de saneamiento.
- e) Contaminación difusa diversa: praderas, zonas mineras, zonas urbanas, zonas recreativas, estaciones de servicio

A este respecto, a nivel de cargas contaminantes emitidas a las aguas superficiales por las fuentes de contaminación difusa, se dispone de la siguiente información en la CHCocc:

- Kg de nitrógeno (N) procedentes de actividades agrícolas: 1.644.867 kg totales por cuencas de masas de agua asociadas (kg/ha-año).
- Kg de fósforo (P) procedentes de actividades agrícolas: 1.862.710 kg totales por cuencas de masas de agua asociadas (kg/ha-año).
- Kg de nitrógeno (N) procedentes de actividades ganaderas: 42.082.545 kg totales por cuencas de masas de agua asociadas (kg/ha-año).
- Kg de fósforo (P) procedentes de actividades ganaderas: 8.789.635 kg totales por cuencas de masas de agua asociadas (kg/ha-año).

1.3. Extracción de agua en aguas superficiales

Usos urbanos, industriales, agrarios y otros (riego, usos agrícolas y ganaderos, acuicultura, abastecimiento de población, producción de energía eléctrica, refrigeración, agua industrial, canteras y explotaciones mineras, navegación, bombeos, extracciones significativas, molinería, incendios y usos sanitarios.

1.4. Alteraciones morfológicas y regulación de flujo en masas de río y lagos

Presas, azudes, trasvases y desvíos de agua, canalizaciones, protecciones de márgenes, actuaciones de dragado, limpieza y acondicionamiento de cauces, explotación forestal, recrecimiento de lagos.

1.5. Otras presiones

Especies exóticas invasoras (EEI), sedimentos contaminados, drenaje de terrenos, suelos potencialmente contaminados, cotos de pesca, extracción de recursos vivos, zonas de baño, navegación en el Dominio Público Hidráulico (DPH), presiones desconocidas.

El análisis de las presiones sobre los embalses objeto de estudio se resume en la Tabla 50.

Tabla 50. Identificación de presiones sobre los embalses objeto de estudio.

Presiones Embalses	Fuentes puntuales de contaminación en aguas superficiales										Fuentes de contaminación difusa				Extracción de agua	Alteraciones morfológicas y regulación de flujo	Otras presiones		
	Vertidos urbanos	Vertidos industriales bio	Vertidos industriales no bio	Vertidos tratamiento fangos	Vertidos Piscifactorías	Vertidos Minas	Vertidos térmicos	Vertidos aguas de tormenta	Vertidos desaladoras	Vertederos	Otras fuentes puntuales	Actividades agrícolas	Actividades ganaderas	Vertidos accidentales	Redes de transporte	Otros: praderas, minas, zonas urbanas, gasolineras	Usos urbanos, industriales, agrarios y otros	Presas, azudes, trasvases y desvíos de agua, canalizaciones, protecciones de márgenes, actuaciones de dragado, limpieza y acondicionamiento de cauces, explotación forestal, recrecimiento de lagos.	Especies exóticas invasoras (EEI), sedimentos contaminados, drenaje de terrenos, suelos potencialmente contaminados, cotos de pesca, extracción de recursos vivos, zonas de baño, navegación den DPH, intrusiones descontroladas
Furacón	X	X	X								X	X		X	X			X	
Priañes	X	X									X	X				X		X	X
Valdemurio	X											X		X	X			X	
Pilotuerto	X	X										X		X	X			X	
La Barca	X	X					X					X		X	X			X	
Rioseco	X				X							X		X	X			X	
Tanes	X				X							X		X	X			X	
Saliencia											X	X			X			X	
Somiedo	X										X	X		X	X			X	
Valle I	X										X	X			X			X	
Valle II												X						X	
Salime											X	X						X	

En relación con los embalses objeto de estudio, su localización y distribución por Asturias implica diferencias en cuanto a las presiones a las que están sometidos. Así, analizando cada embalse o grupos de embalses con detenimiento, podemos establecer lo siguiente:

Embalse de Furacón. Se trata de un embalse ubicado en la zona media de la cuenca del río Nalón, por lo que el río en este punto ya ha sido receptor de numerosos vertidos urbanos e industriales, fundamentalmente de tipo orgánico. En las inmediaciones del embalse se encuentra la localidad de Trubia, que tras depurar sus aguas, las vierte directamente al embalse. Además, en relación con la contaminación difusa, destacan actividades agrícolas, ganaderas, así como infraestructuras como la AS-233 y la presencia de una gasolinera en el cruce con la N-634.

Embalse de Priañes. Se trata de un embalse situado sobre el río Nora, justo antes de su confluencia con el río Nalón. Dicho río recorre la zona norte de Oviedo, recibiendo sus aguas urbanas, así como las de otros concejos con presencia de polígonos industriales como Llanera y Siero. Destaca por lo tanto el tipo de contaminación que recibe el Nora, fundamentalmente de tipo orgánico. Además, se tiene constancia de la presencia de PCBs en los sedimentos de dicho embalse en la zona de San Pedro de Nora (CHCocc, 2016). En relación con las fuentes de contaminación difusa, podemos destacar las de tipo agrícola y ganadero.

Embalse de Valdemurio. Ubicado sobre el río Quirós, se sitúa en la parte alta del mismo, donde solo destacan los vertidos de tipo urbano de poblaciones como Bárzana o Las Agüeras. La contaminación difusa procede fundamentalmente de actividades ganaderas, muy abundantes en la zona y en este caso también destaca la presencia de la carretera AS-229, si bien no es una vía con mucho tráfico.

Embalses de Pilotuerto y La Barca. Ambos embalses se ubican sobre el río Narcea, estando el embalse de Pilotuerto ubicado unos 4 km aguas arriba de la cola del embalse de La Barca. En relación con las fuentes de contaminación destaca la presencia de poblaciones importantes aguas arriba de ambos embalses como Cangas del Narcea, la presencia de pequeños polígonos industriales, así como las actividades agrícolas y ganaderas de la zona. Destaca igualmente la presencia de

la AS-15 que discurre paralela a lo largo del eje de ambos embalses. En el caso particular del embalse de La Barca, también destaca la presencia de la central térmica del Narcea, cuyo vertido más importante es de tipo térmico sobre la cola del embalse y la presencia de las minas de Oro en Belmonte de Miranda, que vierten al río Cauxa, afluente directo del embalse, si bien hay que señalar que existe otro embalse intermedio que retiene sus aguas previamente, por lo que el posible impacto a nivel de sedimentos se concentraría en el embalse del Cauxa.

Embalses de Tanes y Rioseco. Ambos se ubican sobre el río Nalón, en la cuenca alta del mismo. El embalse de Tanes se ubica aguas arriba y tras un tramo de río de unos 3 km, se encuentra el embalse de Rioseco. La central se sitúa entre ambas presas y tiene la particularidad de ser reversible, por lo que el agua que se turbinada desde Tanes y llega a Rioseco, puede ser bombeada de nuevo a Tanes para ser turbinada nuevamente. En relación con las presiones a las que están sometidos ambos embalses, destacaría la aportación de pequeñas poblaciones, si bien la red de saneamiento está casi finalizada en el entorno de ambos embalses, o los aportes orgánicos de vertidos de piscifactorías localizadas en las inmediaciones de ambos. Igualmente destaca la presencia de la AS-117 que discurre paralela a los dos embalses y la presencia de actividades agrícolas y ganaderas en todo el entorno.

Embalse de Valle II. Se trata del lago más importante de los conocidos como lagos de Somiedo. En este caso el lago de Valle se recreció en el pasado, para aumentar su capacidad (HC Energía, 2011). Las presiones a las que está sometido son de tipo difuso, relacionadas fundamentalmente con las actividades ganaderas tradicionales, por lo que se trataría de contaminantes de tipo orgánico.

Embalses de Valle I y Somiedo. Ambos embalses se sitúan sobre el río Somiedo. El denominado embalse de Valle I, recibe las aguas de Valle II, que tras recorrer unos 8 km, atraviesan el pueblo de Valle del Lago y recogen el vertido de su depuradora. Tras recorrer otros 5 km y pasar por Pola de Somiedo, el embalse de Somiedo se sitúa unos 3 km aguas abajo de esta localidad. En ambos casos, las presiones sobre estos embalses son del tipo orgánico, ya sea por aguas procedentes de pequeñas depuradoras urbanas o por actividades agrícolas y ganaderas.

Embalses de Saliencia. Situado sobre el río Saliencia, comparte parte de su presa con el embalse de Somiedo, justo en su confluencia. Cabe destacar que las aguas de ambos embalses están conectadas para ser introducidas al canal de La Riera. Al igual que en el caso de Somiedo, el embalse de Saliencia recoge las aguas procedentes de todo el valle, que fundamentalmente tienen un tipo de contaminación de origen agrícola y ganadero y por lo tanto orgánico.

Embalse de Salime. Situado en la cuenca alta del río Navia, aguas arriba de este embalse no es destacable la presencia de poblaciones de entidad, ni de industria. Destacarían únicamente las actividades ganaderas y agrícolas en su cuenca vertiente, así como usos del suelo tradicionales que en muchos casos implican quemas periódicas ilegales. Por todo ello, se puede considerar que las presiones consistirían en la aportación indirecta de contaminación orgánica.

El análisis de las presiones a las que están sometidos los embalses objeto de este estudio, indica que en la mayoría de los casos se trata de presiones ganaderas y agrícolas difusas en la cuenca vertiente y de tipo directo relacionadas con vertidos con una cierta carga orgánica asociada. Este tipo de presiones afectarían a los embalses aportando nutrientes y por lo tanto deberían influenciar sobre el estado trófico de los mismos. En el caso del vertido térmico sobre el embalse de La Barca, un incremento de temperatura, aunque no debiera ser significativo en relación con el volumen del vertido frente al volumen de la masa de agua embalsada, produciría un aumento de la temperatura y por lo tanto un incremento en el metabolismo del fitoplancton, lo que también influiría sobre el estado trófico. Finalmente, las presiones identificadas en relación a otro tipo de contaminantes o a la presencia de gasolineras o infraestructuras en los márgenes de los embalses, podrían afectar al estado químico en caso de que se produjese contaminación, pero la realidad es que los embalses objeto de estudio presentan, en los casos en los que se dispone de datos, un buen estado químico, por lo que se descarta que dichas presiones ejerzan un impacto significativo.

Por todo lo expuesto anteriormente, se concluye que la medida del potencial ecológico de los embalses objeto de estudio debería ser sensible a los episodios de aporte de nutrientes, puesto que son las principales presiones a las que están sometidos. Es decir, el IPE debería estar relacionado con el TSI/ET.

7.2.2. Relación entre IPE y TSI/ET

Para comprobar la relación entre el índice de potencial ecológico y el TSI/ET se hicieron análisis de correlaciones no paramétricas de Spearman, empleando los valores obtenidos para cada índice e identificando como significativas aquellas cuya $p \leq 0,01$.

Las muestras de las que se dispone corresponden a 4 tipologías de embalses distintas (3, 7, 9 y 13), y en una primera aproximación se consideraron todas juntas y para todas las estaciones del año: $n=144$.

Tabla 51. Correlación entre IPE-TSI e IPE-ET para todos los muestreos.

Índice	p	Coefficiente de Correlación (TSI)	p	Coefficiente de Correlación (ET)
IPE	-0,29923	0,00026911	0,50202	1,45e-10

Como puede apreciarse en la tabla anterior, existe una correlación significativa del IPE tanto con el TSI como con el ET, si bien esta es del orden de 60 veces superior en el caso del ET. El análisis de la bibliografía existente, permite concluir que efectivamente los índices utilizados por la OCDE son los que mejor reflejan el grado trófico real en el caso de los embalses de la UE y España (CHE, 2013) y (Ortiz-Casas & Peña, 1984).

Es interesante plantear aquí que los muestreos realizados corresponden a todas las épocas del año y que el protocolo del MITECO establece que la época de muestreo para estas tipologías de embalses debería ser el periodo estival: julio-septiembre. Por lo tanto, se analizaron nuevamente las correlaciones existentes considerando únicamente los veranos: $n=36$.

Tabla 52. Correlación entre IPE-TSI e IPE-ET durante los veranos.

Índice	p	Coefficiente de Correlación (TSI)	p	Coefficiente de Correlación (ET)
IPE	-0,32487	0,05321	6,00E-01	0,00011022

El IPE no está significativamente correlacionado con el TSI en verano, pero sí con el ET. Puesto que según la OCDE el ET se adaptaría mejor a los embalses de la UE y España; y en el presente trabajo el ET presenta también una correlación mejor con el IPE, se empleará este último para seguir con el análisis.

La siguiente pregunta podía ser ¿por qué si existe correlación positiva entre el IPE y el ET, los estados finales obtenidos mediante la transformación de los resultados en una escala 1 a 5 son tan diferentes?. De una forma más sencilla podríamos plantear: ¿está el estado final del IPE relacionado con el ET? Esta pregunta podría ayudar a detectar un posible fallo entre los valores de los indicadores y los estados finales que se obtienen asignando un estado a cada clase de calidad. Para proceder a la comparativa, se ha asignado un número a cada clase del IPE (<0,2=5 Malo; 0,2-0,4=4 Deficiente; 0,4-0,6=3 Moderado; 0,6-0,8=2 Bueno; >0,8=1 Muy Bueno) y se ha comparado con los valores del ET, y el resultado para n=144 y n=36 (solo veranos) se recoge en la tabla 53.

Tabla 53. Correlación entre el Estado del IPE y el ET.

índice	n	p	Coefficiente de Correlación (ET)
Estado IPE	144	0,4375	4,18E-08
Estado IPE	36	0,53441	7,86E-04

Como puede comprobarse, existe correlación positiva y significativa entre el Estado asignado al IPE y el Estado Trófico, si bien estas correlaciones son menores que para el IPE (tablas 51 y 52).

Como conclusión final, podemos indicar que el IPE está correlacionado con el ET durante los periodos en los que debe procederse a muestrear los embalses para su cálculo, pero no así para el TSI, por lo que atendiendo a la literatura científica, descartaremos la clasificación de estados tróficos obtenida mediante el TSI.

La correlación que existe entre el IPE y el ET, se mantiene cuando se produce la transformación del IPE en un estado final. Por lo tanto la pregunta que se podría plantear es ¿por qué son tan diferentes las clasificaciones tróficas según el ET y el Estado final del IPE? Puede que el problema sea que existiendo una correlación significativa, esta se produzca sobre niveles diferentes. Así, si una catalogación mesotrófica se correlaciona con un estado bueno y una eutrófica con uno moderado, la correlación existe, pero el resultado final es muy diferente.

Resulta por tanto de especial interés analizar los indicadores del IPE y su respuesta por separado.

7.3. INDICADORES DEL IPE Y ET

Según lo expuesto anteriormente, resulta interesante seguir planteando preguntas como las siguientes: ¿cómo se correlacionan los indicadores del IPE con el IPE y con el ET? Los estados obtenidos para cada indicador ¿responden a la clasificación final del estado? ¿Están correlacionados los estados obtenidos para los RCEs biomasa y composición con el ET? Según el apartado anterior, estas respuestas deberían ser afirmativas e indicar una correlación entre las variables del IPE con el ET, ya que el IPE presenta una correlación significativa.

A lo largo de este apartado trataremos de responder a estas preguntas. En primer lugar, analizaremos los indicadores del IPE (IGA, % de cianobacterias, biovolumen y clorofila a) para determinar su respuesta en los embalses objeto de estudio, analizando además los resultados obtenidos y los estados específicos de cada uno; y también el de los RCE Biomasa y Composición.

7.3.1. Índice de Grupos Algales

El Índice de Grupos Algales o IGA se presenta como un indicador de Composición, en el que para el cálculo del IPE hace media con el % de cianobacterias.

El índice IGA fue originariamente creado para la clasificación del estado ecológico de los lagos de alta montaña kársticos de Cataluña por la Agencia Catalana del Agua.

Este índice se basa en el biovolumen relativo de diferentes grupos algales y se fundamenta en la observación de que en ambientes oligotróficos tanto si son alpinos como si son kársticos, el fitoplancton dominante se corresponde con formas unicelulares (no coloniales) flageladas de varios grupos como crisofíceas, diatomeas, dinoflagelados o clorófitos. En dichos ambientes, se observa como un enriquecimiento de nutrientes da lugar a un cambio en la estructura y composición de la comunidad de fitoplancton, incrementándose las formas coloniales con una mayor presencia de los grupos de clorófitos y, eventualmente, cianobacterias (ACA 2003).

Los grupos algales que se tienen en cuenta para el cálculo del índice IGA son:

- ⊙ Cr Criptófitos
- ⊙ Cc Crisofíceas coloniales
- ⊙ Dc Diatomeas coloniales*
- ⊙ Chc Clorococales coloniales
- ⊙ Vc Volvocales coloniales
- ⊙ Cia Cianobacterias
- ⊙ D Dinoflagelados
- ⊙ Cnc Crisofíceas no coloniales
- ⊙ Chnc Clorococales no coloniales
- ⊙ Dnc Diatomeas no coloniales

Dicho índice puede ser limitado en cuanto a que el comportamiento del fitoplancton se ha estandarizado para todo tipo de embalses en base tan sólo a los de tipo alpino y kárstico. Así mismo, se da por sentado que la presencia de organismos coloniales o la presencia de cianobacterias siempre se deben asociar a condiciones de enriquecimiento, sin tener en cuenta otros factores ambientales que podrían tener relevancia en el establecimiento de la comunidad de fitoplancton como temperatura, oxígeno, profundidad de la zona fótica, etc.

Por otro lado, dicho índice no incluye diversos grupos que con frecuencia se observan en los diferentes embalses objeto de estudio como son los pertenecientes a la división Charophyta y entre las que se encuentran familias como Desmidiaceae, Conjugatophyceae, Hydrodictyaceae, etc; alcanzando en ocasiones un biovolumen elevado de la muestra, evidenciando blooms fitoplanctónicos que no son reflejados en el índice IGA.

Un ejemplo práctico de este caso lo encontramos en el embalse de La Barca durante el muestreo estival de 2018. La métrica del IGA se descarta ya que los grupos taxonómicos contemplados para su cálculo no superan el 70 % del biovolumen total de la muestra. Esto supone que el IGA no se aplica y ante la ausencia de cianobacterias, el RCE Biomasa toma un valor de 1. En este caso cabe señalar que el valor de la clorofila *a* era de 67,40 µg/l con un RCE normalizado de 0,054 y el valor del biovolumen de 2,799 mm³/l con un RCE normalizado de 0,452, lo que suponía un RCE Biomasa de 0,253 que al hacer media con el RCE Composición, dan como resultado un estado bueno (IPE = 0,627). Todo esto sumado a una profundidad del disco de Secchi de 1,5 m, a una densidad celular de 3.492,60 cél/l, a una alta concentración de nitrógeno total y nitratos y a una concentración de oxígeno hipolimnético de 5,156 mg/l. Resulta evidente que existe un bloom algal causado por la especie *Mougeotia* sp. (Phylum Charophyta) que alcanza una densidad celular de 2.914,39 cél/ml y representa el 79% del biovolumen de la muestra, a pesar de lo cual el IPE es bueno.

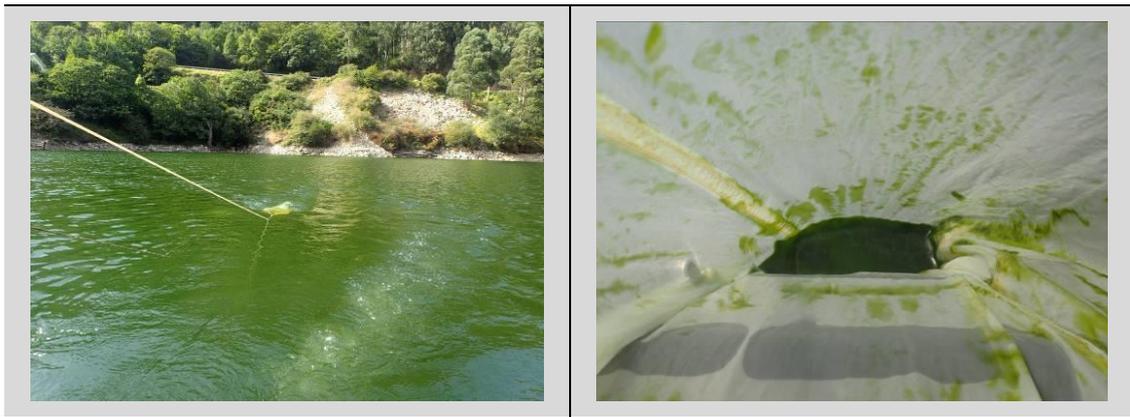


Figura 69. Izquierda: Aspecto del embalse durante el muestreo de fitoplancton en la campaña estival 2018. Derecha: Detalle de la muestra recogida para la cuantificación e identificación del fitoplancton.

Si analizamos los RCEs normalizados obtenidos para el IGA y n=144, obtenemos los resultados que se muestran en la Figura 70. Se presentan los resultados para el conjunto de los embalses y además, resulta interesante analizar los resultados por tipologías para tratar de detectar problemáticas asociadas a las mismas. En este caso, las tipologías 7 y 9 se han agrupado en la misma porque presentan las mismas clases de corte:

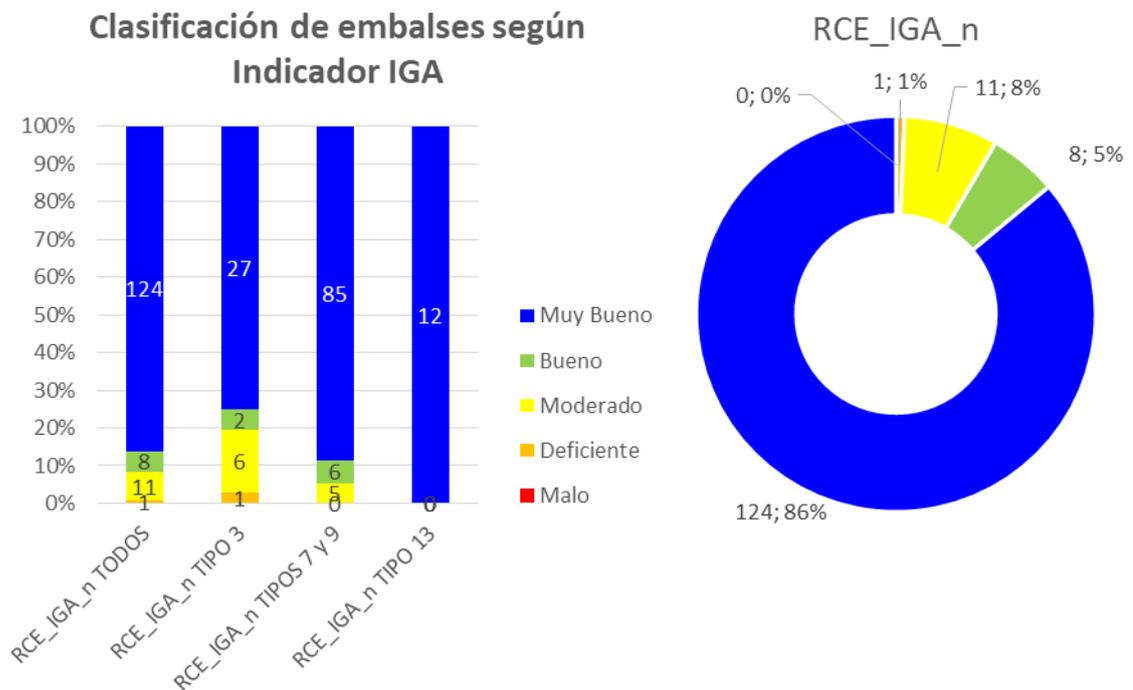


Figura 70. Clasificación de embalses según indicador IGA para todas las tipologías y por tipos. A la derecha representación para n=144.

Como puede apreciarse en la Figura 70, el estado obtenido mediante el IGA es bueno o muy bueno en el 91,6 % de las muestras analizadas, un 7,63 % sería moderado y únicamente se ha detectado una ocasión en la que el estado fue deficiente, lo que supondría un 0,69 %. Este estado deficiente coincide además con un RCE_n del % de cianobacterias de 1,00, lo que provoca que el RCE Composición (media de estos dos) sea Bueno.

Por otra parte, cabe preguntarse por la correlación existente entre el IGA y el IPE y entre el IGA y el ET, para lo cual se volvieron a realizar análisis de correlaciones no paramétricas de Spearman entre las diferentes métricas y el IPE, obteniendo los siguientes resultados (n=144 y todos los tipos):

Tabla 54. Correlación entre el IGA y sus RCEs con el IPE y el ET..

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (IPE)	p	Coefficiente de Correlación (ET)
IGA	-6,65073	1,0648E-18	-0,28727	0,00048108
RCE_IGA	0,62528	5,4132E-17	0,20636	0,013082
RCE_IGA_n	0,6651	9,7627E-20	0,28045	0,00066232

Como puede apreciarse, el IGA y sus RCEs se correlacionan con el IPE y el nivel de correlación de los RCEs, más o menos se mantiene frente al del IGA.

Por otra parte, el IGA y su RCE normalizado, también se correlacionan con el Estado Tráfico, no así el RCE IGA. Por tanto, el nivel de correlación que presenta el IGA frente al IPE y al ET, es del orden de E-16 mayor para el IPE.

7.3.2. % de Cianobacterias

Las cianobacterias conforman un grupo muy heterogéneo de organismos fotosintéticos procariontes que presentan fotosíntesis oxigénica y contienen tanto pigmentos fotosintéticos típicos de algas eucariontes y plantas, clorofila a, como pigmentos específicos: las ficobilinas que les confieren su color típico verdeazulado y unas características ecológicas únicas (Whitton & Potts, 2000). Uno de los aspectos fisiológicos más destacable de este grupo de organismos es la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de células especializadas denominadas heterocistes (Dawes, 1981).

Las cianobacterias forman parte de la composición fitoplanctónica típica de masas de agua continentales y pueden llegar a representar una parte fundamental de la red trófica en estos ecosistemas, siendo de suma importancia en diversos ciclos biogeoquímicos (Reynolds, 2006). Sin embargo, bajo condiciones de enriquecimiento de nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno, se favorece la proliferación masiva de dichos organismos que además de producir los efectos negativos típicos de blooms fitoplanctónicos como son las alteraciones en la calidad del agua (en especial en el pH y oxígeno disuelto), pueden dar lugar a fenómenos de toxicidad dada su capacidad de producir metabolitos secundarios tóxicos (cianotoxinas), por lo que, pueden constituir un serio problema ambiental con graves repercusiones sobre la salud humana y sobre otras poblaciones tanto animales como vegetales (Chorus & Bartram, 1999).

Dada su rápida respuesta ante el enriquecimiento de nutrientes y su carácter tóxico, este grupo de organismos es empleado ampliamente como indicador tanto de la calidad como del estado trófico de las aguas (Scheffer, 2004; Vardaka et al., 2005). Así el Real Decreto 817/2015 establece el porcentaje de cianobacterias como indicador del elemento de calidad biológica fitoplancton.

Como ya se indicó en el capítulo 4, el porcentaje de Cianobacterias se calcula como porcentaje del biovolumen que supone el filo Cyanobacteria del biovolumen total, excluyendo el orden Chroococcales a excepción de los géneros *Microcystis* y *Woronichina* (MITECO, 2013). Este orden es excluido debido a que la mayoría de sus especies no se consideran tóxicas, por lo que su presencia no supone una degradación en la calidad de las aguas (Cirés-Gómez, 2011).

Si analizamos los RCEs normalizados obtenidos para el % de cianobacterias y n=144, obtenemos los gráficos de la Figura 71 para el conjunto de ellos y separados además por tipologías (agrupando la 7 y la 9 puesto que presentan las mismas clases de corte).

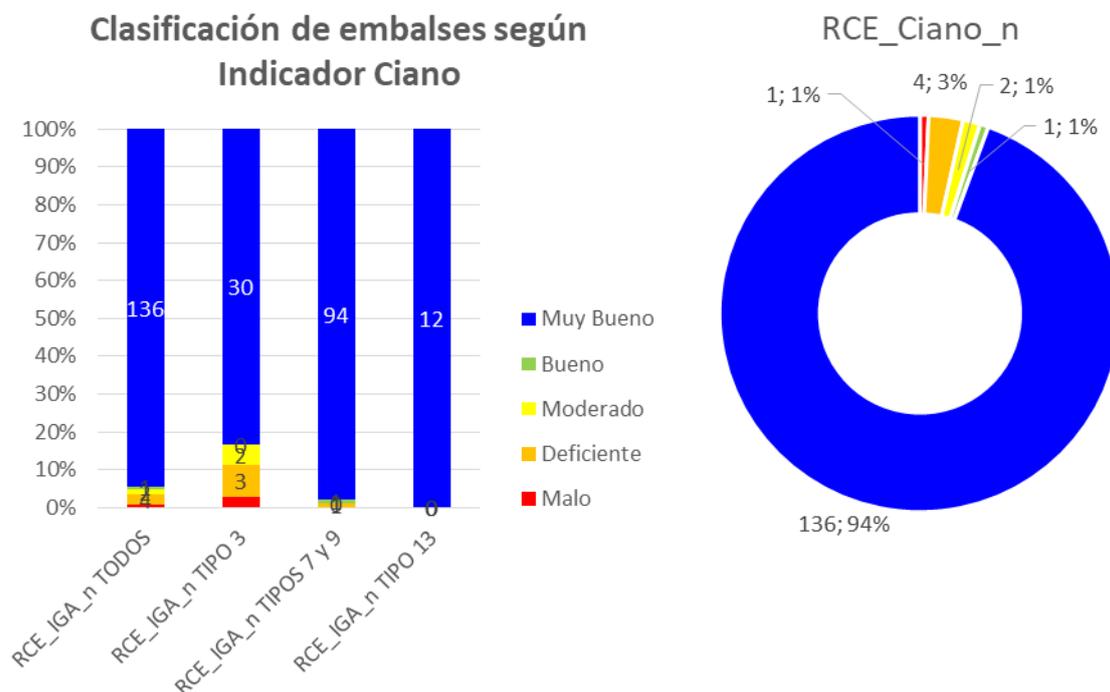


Figura 71. Clasificación de embalses según indicador % de cianobacterias para todas las tipologías y por tipos. A la derecha representación para n=144.

Como puede apreciarse en la Figura 71, el estado obtenido mediante el % de cianobacterias es bueno o muy bueno en el 95 % de las muestras analizadas, un 1 % sería moderado, un 3% deficiente y únicamente se ha detectado una ocasión en la que el estado fue malo, lo que supondría un 1 %. Este estado malo coincide además con un RCE_n del IGA muy bueno de 0,87, lo que se traduce en un RCE Composición (media de estos dos) moderado, con un valor de 0,44.

En los otros cuatro casos en los que se ha detectado un RCE deficiente para el % de cianobacterias, el RCE_n del IGA presentó tres valores muy buenos (0,94, 0,98 y 0,88), lo que haciendo media supuso un valor bueno de RCE Composición; y un valor bueno (0,75) que dio como resultado un valor moderado de RCE Composición (0,49).

En relación a la correlación existente entre el % de cianobacterias y el IPE y entre el % de cianobacterias y el ET, para lo cual se volvieron a realizar análisis de correlaciones no paramétricas de Spearman entre las diferentes métricas y el IPE, se obtuvieron los siguientes resultados (n=144 y todos los tipos):

Tabla 55. Correlación entre el % de cianobacterias y sus RCEs con el IPE y el ET.

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (IPE)	p	Coefficiente de Correlación (ET)
% Ciano	-0,31015	0,00015491	-0,0,040844	6,27E-01
RCE_ciano	3,48E-01	1,8821E-05	7,37E-02	3,80E-01
RCE_ciano_n	0,31021	0,00015445	0,041502	0,62138

Como puede apreciarse, el % de cianobacterias y sus RCEs están significativamente correlacionados con el IPE y el nivel de correlación de los RCEs, más o menos se mantiene frente al del % de cianobacterias.

Por el contrario, el % de cianobacterias y su RCE normalizado no están correlacionados significativamente con el estado trófico.

7.3.3. Biovolumen

El conjunto de las métricas con las que puede ser abordado el análisis del fitoplancton, se centra mayoritariamente en el recuento de la densidad celular y el cálculo de biomasa a través del biovolumen.

La transformación de los datos de abundancia obtenidos mediante los recuentos celulares a biomasa, es crucial para poder realizar una adecuada interpretación del potencial ecológico de una masa de agua (FUAM, 2013).

En la actualidad, el método empleado más ampliamente para la medición de la biomasa fitoplanctónica es el realizado mediante el uso de microscopía óptica y el cálculo directo del volumen celular (Hillebrand, 1999).

Los resultados se obtienen a partir de la estimación del espacio ocupado por la forma geométrica que más se asemeje a cada una de las especies encontradas. Según las recomendaciones del protocolo publicado por el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), se deben emplear aquellos datos de biovolumen proporcionados por la base de datos TAXAGUA para la homogenización de los biovolúmenes, dado que los valores están supeditados tanto a la forma de proceder del analista como a su nivel de experiencia. Sin embargo, esta base de datos carece de una gran multitud de especies y no ofrece un número de mediciones homogéneas para el cálculo de biovolumen, no alcanzando en

algunos casos el tamaño mínimo de 20 individuos fijados según la metodología estándar (Rott, 1981).

En aquellos casos en los que la especie no se encuentra dentro de la base de datos, el protocolo aconseja una medición directa del organismo o bien el uso de datos bibliográficos. Sin embargo, diferentes autores desaconsejan la utilización de datos bibliográficos o cualquier estimación realizada a partir de otros ambientes (Smayda, 1978), dada la elevada variabilidad volumétrica que puede adoptar una misma especie en función tanto de variables intrínsecas de la propia población como de las condiciones ambientales.

Un estudio reciente que ha analizado este aspecto concreto de la variabilidad del biovolumen fitoplanctónico, ha detectado que en el 80 % de los casos (con mediciones realizadas sobre 3.200 células de diferentes especies), el biovolumen indicado en el TAXAGUA o en la bibliografía, difiere de forma significativa frente al biovolumen medido (Toraño, 2019).

Este nivel de variabilidad resulta de suma importancia ya que el biovolumen no solo interviene en su propia métrica, sino que indirectamente la medida del mismo también afecta a la métrica del IGA (basado en el biovolumen relativo de diferentes grupos algales) y en la del % de Cianobacterias (calculado como porcentaje del biovolumen que supone el filo Cyanobacteria del biovolumen total, excluyendo el orden Chroococcales), por lo que resulta necesario mejorar la base de datos del TAXAGUA o proceder a la medición de las células.

Alcanzar un adecuado nivel de exactitud requiere la inversión de un elevado volumen de tiempo, lo que se implica un importante incremento del costo asociado a este nivel de análisis. Sin embargo, como se ha visto, la utilización de la información publicada, la aplicación de los tamaños estimados en masas de agua de similares características y/o con cierta proximidad geográfica, son alternativas que pueden debilitar la calidad del dato obtenido pero que, obviamente, optimizan los costos y agilizan la obtención de resultados y la toma de decisiones.

Si analizamos los RCEs normalizados obtenidos para el Biovolumen y $n=144$, obtenemos los gráficos de la Figura 72 para el conjunto de los embalses y separados además por tipologías (agrupando la 7 y la 9 puesto que presentan las mismas clases de corte).

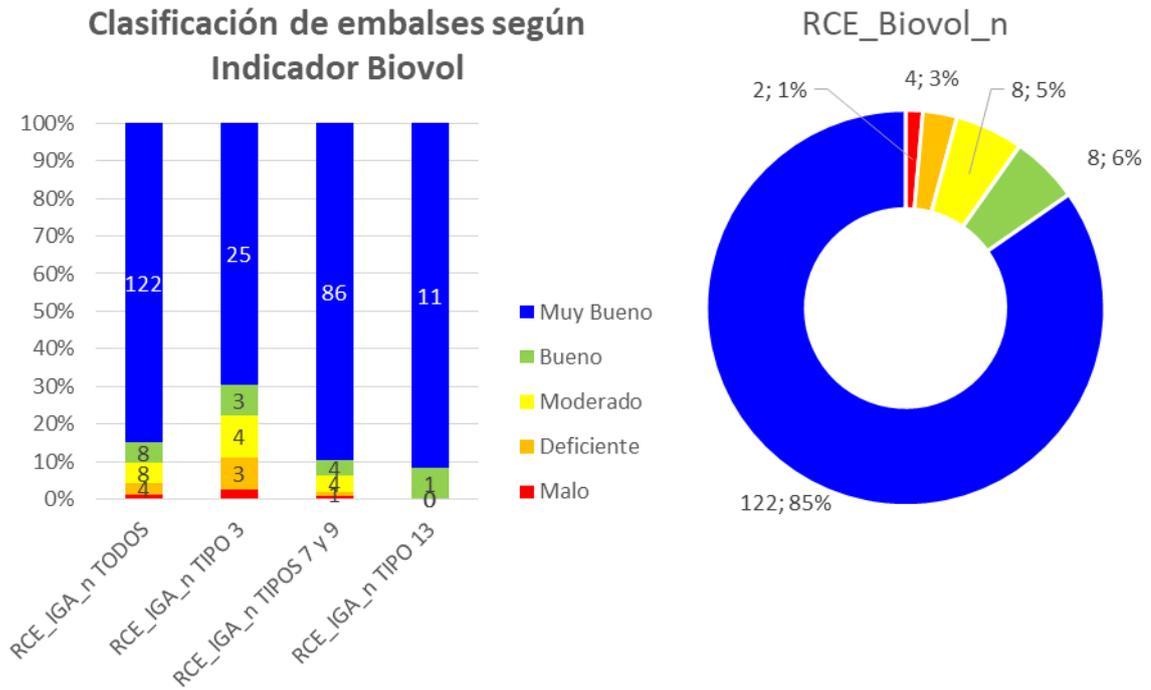


Figura 72. Clasificación de embalses según indicador biovolumen para todas las tipologías y por tipos. A la derecha representación para n=144.

Como puede apreciarse en la Figura 72, el estado obtenido mediante el biovolumen es bueno o muy bueno en el 90,27 % de las muestras analizadas, un 5,55 % sería moderado, un 2,77% deficiente y únicamente se han detectado dos ocasiones en las que el estado fue malo, lo que supondría un 1,38 %. De los dos estados malos, uno coincidió con RCE_n de clorofila a deficiente (0,25), lo que supuso un RCE Biomasa malo (0,20); y el otro con un RCE_n de clorofila a moderado (0,56), lo que dio como resultado un RCE Biomasa deficiente (0,36). En relación con las cuatro ocasiones en las que se obtuvieron valores de RCE_n de biovolumen deficientes, solo en una ocasión supuso que el RCE Biomasa se mantuviese en deficiente (0,32), debido a un RCE_n clorofila moderado de 0,42. En el resto de los casos, el RCE Biomasa se situó en moderado, debido a los estados buenos del RCE_n clorofila a.

Por otra parte, cabe preguntarse por la correlación existente entre el biovolumen y el IPE y entre el biovolumen y el ET, para lo cual se volvieron a realizar análisis de correlaciones no paramétricas de Spearman entre las diferentes métricas y el IPE, obteniendo los resultados de la Tabla 56 (n=144 y todos los tipos).

Tabla 56. Correlación entre el biovolumen y sus RCEs con el IPE y el ET.

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (IPE)	p	Coefficiente de Correlación (ET)
Biovol	-0,43152	6,6717E-08	-0,33823	0,00003379
RCE_Biovol	5,93E-01	4,9827E-15	4,42E-01	2,9066E-08
RCE_Biovol_n	0,61473	2,4877E-16	0,43263	6,12E-08

Como puede apreciarse en la Tabla 56, el Biovolumen y sus RCEs se correlacionan con el IPE y el nivel de correlación de los RCEs, se incrementa notablemente pasando de una correlación xE-08 a una xE-16, lo que supone que la transformación al RCE y posteriormente al RCE normalizado, le da un peso relativo mayor a este indicador, frente al resto de los analizados hasta el momento.

Por otra parte, el biovolumen y su RCE normalizado, también se correlacionan con el Estado Trófico, aunque al igual que para el resto de indicadores analizados, con un nivel de correlación mucho menor.

7.3.4. Clorofila a

La clorofila a es el pigmento responsable del proceso fotosintético presente en todos los productores primarios, entre los que se encuentra el fitoplancton, por ello, la concentración de clorofila a se ha utilizado ampliamente como medida indirecta de la biomasa total y producción primaria de las comunidades fitoplanctónicas (Falkowski & Kiefer, 1985; Boyer et al., 2009).

En lo que se refiere a la evaluación de la calidad de las aguas para el control de la eutrofización, la concentración de clorofila a es una variable descriptiva fundamental (OCDE, 1982) al estar relacionada directamente con la abundancia de fitoplancton. Ante episodios de eutrofización, un incremento en su concentración puede indicar la presencia de proliferaciones fitoplanctónicas. Además, su medición presenta una serie de ventajas como son: el proporcionar información del estado fisiológico-funcional de los organismos y la poca complejidad a la hora de ser medida (Harding, 1994; Gregor et al., 2004).

Sin embargo, la concentración de clorofila a no se puede considerar una estimación exacta de la abundancia fitoplanctónica, ya que su presencia varía no sólo entre diferentes grupos taxonómicos sino dentro de una misma especie. El fitoplancton ajusta su composición de clorofila a para adaptarse a las diferentes

condiciones ambientales como la temperatura, la concentración de nutrientes y la intensidad de luz (Longphuir et al., 2019) y además hay que considerar que las concentraciones de clorofila a pueden presentar unas variaciones muy altas a lo largo de periodos cortos de tiempo (horas-días) (Bresciani et al., 2013).

Si se analizan los RCEs normalizados obtenidos para la clorofila a y n=144, se obtienen los gráficos de la Figura 73 para el conjunto de ellos y separados además por tipologías (agrupando la 7 y la 9 puesto que presentan las mismas clases de corte).

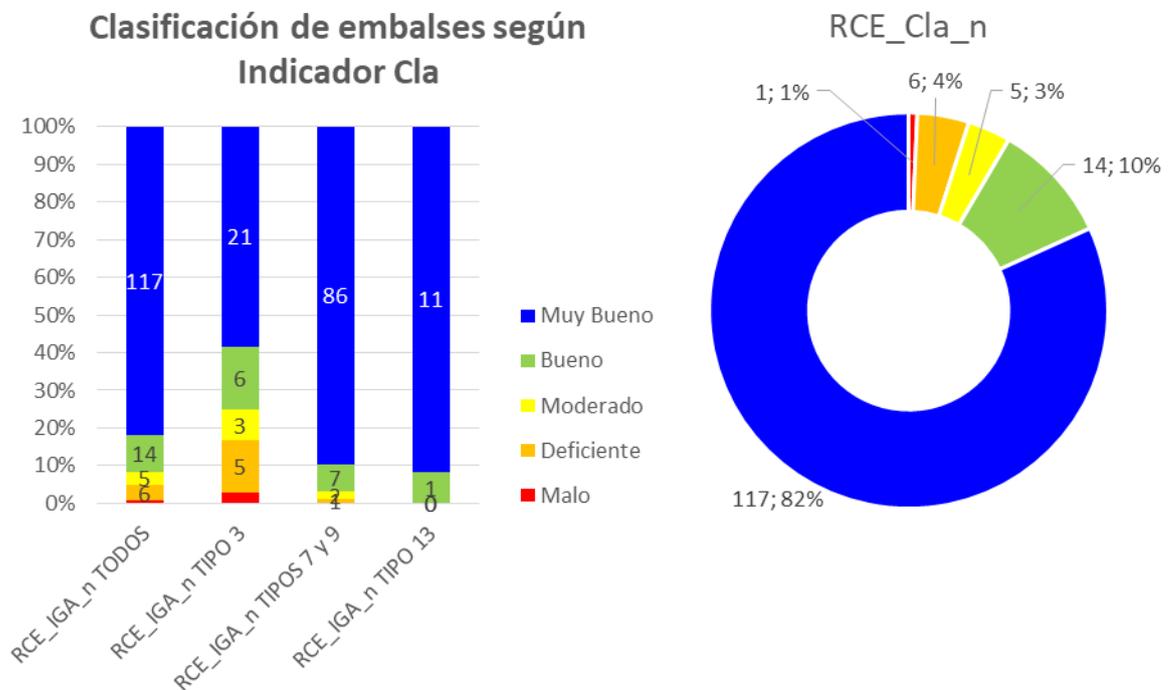


Figura 73. Clasificación de embalses según indicador clorofila a para todas las tipologías y por tipos. A la derecha representación para n=144.

Como puede apreciarse en la Figura 73, el estado obtenido mediante la clorofila a es bueno o muy bueno en el 90,97 % de las muestras analizadas, un 3,47 % sería moderado, un 4,16 % deficiente y únicamente se ha detectado una ocasión en la que el estado fue malo, lo que supondría un 0,69 %. Este estado malo coincide además con un RCE_n del biovolumen bueno de 0,70, lo que provoca que el RCE Biomasa (media de estos dos) sea moderado (0,40). En relación con las seis ocasiones en las que se obtuvieron valores de RCE_n de clorofila a deficientes, solo en una ocasión supuso que el RCE Biomasa se mantuviese en deficiente (0,38),

debido a un RCE_n biovolumen moderado de 0,42. En el resto de los casos, el RCE biomasa se situó en moderado en tres ocasiones, llegando a ser bueno en otra. Finalmente solo en uno de los casos, el estado deficiente (0,34) del RCE_n Clorofila a coincidió con un estado malo del RCE_n biovolumen (0,14), obteniendo un estado del RCE biomasa de malo (0,20).

Por otra parte, nuevamente cabe preguntarse por la correlación existente entre la clorofila a y el IPE y entre la clorofila a y el ET, para lo cual se volvieron a realizar análisis de correlaciones no paramétricas de Spearman entre las diferentes métricas y el IPE, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 57 (n=144 y todos los tipos):

Tabla 57. Correlación entre la clorofila a y sus RCEs con el IPE y el ET.

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (IPE)	p	Coefficiente de Correlación (ET)
Cla	-5,85E-01	1,42E-14	-7,70E-01	1,53E-29
RCE_Cla	0,7158	6,64E-24	0,66246	1,53E-19
RCE_Cla_n	7,14E-01	9,93E-24	6,60E-01	2,35E-19

Como puede apreciarse en la Tabla 57, la clorofila a y sus RCEs se correlacionan con el IPE y el nivel de correlación de los RCEs aumenta en xE-10, asignando, al igual que ocurría con el biovolumen, más peso relativo a este indicador frente a otros como el IGA o el % de cianobacterias.

Por otra parte, la clorofila y sus RCEs, también se correlacionan con el Estado Tráfico con un nivel de correlación muy alto, algo esperable ya que la clorofila a es una de las cuatro métricas que se emplean en el cálculo del ET.

7.3.5. Síntesis de resultados

A modo de resumen y para ilustrar los resultados comentados anteriormente, se presenta la Tabla 58 con los valores empleados para el cálculo del IPE (es decir, los RCE_n de las 144 muestras), así como los resultados de los RCE Composición, Biomasa e IPE, coloreados en función del estado final de cada indicador (azul: muy bueno; verde: bueno; amarillo: moderado; naranja: deficiente; rojo: malo):

Tabla 58. Valores de los RCE normalizados para todos los muestreos empleados para el cálculo de los RCE Composición, Biovolumen e IPE.

	RCE_ IGA_n	RCE_ %cia_n	RCE_ Composición	RCE_ BV_n	RCE_ Cla_n	RCE_ Biomasa	IPE
BA_ver1	0,87	0,01	0,44	0,79	0,31	0,55	0,50
FU_ver1	0,95	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
GR_ver1	0,99	0,94	0,97	0,52	1,00	0,76	0,86
PI_ver1	0,97	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
PR_ver1	0,98	0,98	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
RI_ver1	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
SA_ver1	0,98	0,93	0,96	1,00	1,00	1,00	0,98
SO_ver1	0,98	0,93	0,96	1,00	1,00	1,00	0,98
TA_ver1	0,97	0,99	0,98	1,00	0,82	0,91	0,95
VA_ver1	0,98	1,00	0,99	1,00	0,41	0,70	0,85
VAI_ver1	0,98	0,99	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
VAII_ver1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BA_oto2	0,96	0,82	0,89	1,00	0,98	0,99	0,94
FU_oto2	0,98	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
GR_oto2	0,94	0,33	0,63	1,00	0,92	0,96	0,80
PI_oto2	0,97	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
PR_oto2	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
RI_oto2	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
SA_oto2	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
SO_oto2	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
TA_oto2	0,97	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
VA_oto2	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
VAI_oto2	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
VAII_oto2	0,98	1,00	0,99	1,00	0,89	0,95	0,97
BA_inv3	0,97	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
FU_inv3	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
GR_inv3	0,95	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99
PI_inv3	0,97	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
PR_inv3	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
RI_inv3	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
SA_inv3	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
SO_inv3	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
TA_inv3	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
VA_inv3	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
VAI_inv3	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
VAII_inv3	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99

	RCE_ IGA_n	RCE_ ciano_n	RCE_ Composición	RCE_ Biovol_n	RCE_ Cla_n	RCE_ Biomasa	IPE
BA_pri4	0,97	1,00	0,98	1,00	0,46	0,73	0,86
FU_pri4	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
GR_pri4	0,88	1,00	0,94	0,70	0,10	0,40	0,67
PI_pri4	0,97	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
PR_pri4	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
RI_pri4	0,97	1,00	0,99	1,00	0,97	0,98	0,99
SA_pri4	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
SO_pri4	0,98	0,27	0,62	1,00	1,00	1,00	0,81
TA_pri4	0,98	1,00	0,99	1,00	0,67	0,84	0,91
VA_pri4	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
VAI_pri4	0,99	1,00	0,99	1,00	0,93	0,97	0,98
VAII_pri4	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
BA_ver5	0,88	0,37	0,63	1,00	0,89	0,94	0,79
FU_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
GR_ver5	0,98	1,00	0,99	1,00	0,91	0,95	0,97
PI_ver5	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PR_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_ver5	0,61	1,00	0,81	1,00	1,00	1,00	0,90
SA_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SO_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TA_ver5	0,59	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	0,90
VA_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	0,65	0,83	0,91
VAI_ver5	0,84	1,00	0,92	0,14	0,25	0,20	0,56
VAII_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FU_oto6	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
PR_oto6	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
VA_oto6	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
PI_oto6	0,97	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
RI_oto6	0,97	1,00	0,99	1,00	0,77	0,88	0,94
SA_oto6	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
SO_oto6	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
VAI_oto6	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
VAII_oto6	0,98	1,00	0,99	1,00	0,86	0,93	0,96
TA_oto6	0,97	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
BA_oto6	0,96	0,55	0,76	0,97	0,30	0,63	0,70
GR_oto6	0,94	0,90	0,92	1,00	0,68	0,84	0,88
BA_inv7	0,75	0,24	0,49	1,00	1,00	1,00	0,75
FU_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
GR_inv7	0,52	1,00	0,76	1,00	0,72	0,86	0,81
PI_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	0,76	0,88	0,94
PR_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	0,92	0,96
SA_inv7	0,94	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99
SO_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TA_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	0,95	0,98
VA_inv7	0,98	1,00	0,99	1,00	0,85	0,92	0,96
VAI_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,95	0,98
VAII_inv7	1,00	0,91	0,95	1,00	1,00	1,00	0,98

	RCE_ IGA_n	RCE_ ciano_n	RCE_ Composición	RCE_ Biovol_n	RCE_ Cla_n	RCE_ Biomasa	IPE
BA_pri8	0,31	1,00	0,65	0,39	0,71	0,55	0,60
FU_pri8	1,00	1,00	1,00	0,53	1,00	0,77	0,88
GR_pri8	0,59	1,00	0,79	0,16	0,56	0,36	0,58
PI_pri8	0,99	0,88	0,94	1,00	1,00	1,00	0,97
PR_pri8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_pri8	0,66	1,00	0,83	1,00	0,78	0,89	0,86
SA_pri8	1,00	0,97	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
SO_pri8	0,96	0,74	0,85	1,00	1,00	1,00	0,92
TA_pri8	0,76	1,00	0,88	0,51	0,85	0,68	0,78
VA_pri8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VAI_pri8	1,00	0,93	0,97	1,00	1,00	1,00	0,98
VAII_pri8	1,00	1,00	1,00	0,60	0,73	0,67	0,83
BA_ver9	0,43	0,41	0,42	0,22	0,42	0,32	0,37
FU_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
GR_ver9	0,70	1,00	0,85	0,57	0,32	0,44	0,65
PI_ver9	1,00	0,93	0,96	1,00	1,00	1,00	0,98
PR_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_ver9	0,78	1,00	0,89	0,62	1,00	0,81	0,85
SA_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SO_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TA_ver9	0,90	1,00	0,95	0,79	1,00	0,90	0,92
VA_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VAI_ver9	0,88	0,95	0,91	1,00	1,00	1,00	0,96
VAII_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FU_oto10	1,00	0,99	1,00	0,53	1,00	0,76	0,88
PR_oto10	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00	0,91	0,96
VA_oto10	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PI_oto10	0,99	0,97	0,95	1,00	1,00	1,00	0,97
RI_oto10	0,55	1,00	0,78	0,46	0,77	0,61	0,69
SA_oto10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SO_oto10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VAI_oto10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VAII_oto10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TA_oto10	0,57	1,00	0,78	0,20	0,64	0,42	0,60
BA_oto10	0,60	1,00	0,80	0,23	0,68	0,45	0,63
GR_oto10	0,54	1,00	0,77	1,00	1,00	1,00	0,89
BA_inv11	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
FU_inv11	0,85	1,00	0,92	0,68	0,96	0,82	0,87
GR_inv11	0,55	1,00	0,77	0,42	0,34	0,38	0,58
PI_inv11	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
PR_inv11	0,96	1,00	0,98	0,92	0,87	0,89	0,94
RI_inv11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SA_inv11	0,71	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	0,93
SO_inv11	0,90	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	0,97
TA_inv11	0,83	1,00	0,91	1,00	1,00	1,00	0,96
VA_inv11	0,96	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
VAI_inv11	0,99	0,82	0,91	1,00	1,00	1,00	0,95
VAII_inv11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

	RCE_ IGA_n	RCE_ ciano_n	RCE_ Composición	RCE_ Biovol_n	RCE_ Cla_n	RCE_ Biomasa	IPE
FU_pri12	0,96	0,99	0,98	1,00	1,00	1,00	0,99
GR_pri12	0,99	1,00	1,00	0,62	0,29	0,46	0,73
PI_pri12	0,97	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
PR_pri12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_pri12	0,42	1,00	0,71	0,64	0,49	0,57	0,64
SA_pri12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SO_pri12	0,80	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	0,95
TA_pri12	0,55	1,00	0,78	1,00	0,91	0,95	0,86
VA_pri12	1,00	1,00	1,00	1,00	0,65	0,83	0,91
VAI_pri12	0,96	0,98	0,97	1,00	1,00	1,00	0,98
VAII_pri12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Como se comentó en apartados anteriores, se puede apreciar como cada indicador por separado presenta cierto grado de sensibilidad, si bien la coincidencia en el mismo muestreo de varios indicadores que presenten un RCE_n moderado o inferior, se reduce a muy pocas ocasiones (12), de las cuales solo en cinco de ellas el IPE presentó un estado inferior al bueno, siendo 4 veces moderado, una única vez deficiente y ninguna malo. Se observa como el procedimiento de cálculo del IPE empleando medias de medias (ver apartado 4.3.3) tiende a diluir los resultados negativos detectados por los indicadores individuales (representados en la Figura 74).

Si analizamos con detalle alguna de estas ocasiones, vemos como en verano1, en el embalse de La Barca se detectó un % de cianobacterias tóxicas del 98,17%, lo que suponía un RCE_n malo de 0,018. Al mismo tiempo, en ese mismo muestreo, la clorofila a alcanzó un valor de 18,5 µg/l, lo que implicó un RCE_n deficiente de 0,31. Atendiendo al IGA, el indicador menos sensible de los analizados, vemos como un valor de 3,47 (uno de los 25 valores más altos de las 144 muestras), supone un RCE_n muy bueno de 0,873 y finalmente el biovolumen, que igualmente y a pesar de que fue uno de los 25 peores valores obtenidos en toda la serie histórica, obtenía un RCE_n bueno de 0,79, lo que determina que el IPE obtenga un valor moderado de 0,50. En esta situación, cabría preguntarse si un embalse con un 98% de cianobacterias tóxicas, una clorofila de 18,5 µg/l y con un biovolumen de 0,63 mm³/l ¿no debería presentar un IPE malo? La respuesta debería ser sí, sobre todo cuando una lectura rápida del resto de parámetros analizados en el mismo muestreo nos

indica un disco de Secchi de 1,65m, un fósforo total de 270 µg/l, una densidad de 508,9 cel/ml y unas condiciones de anoxia en el fondo.

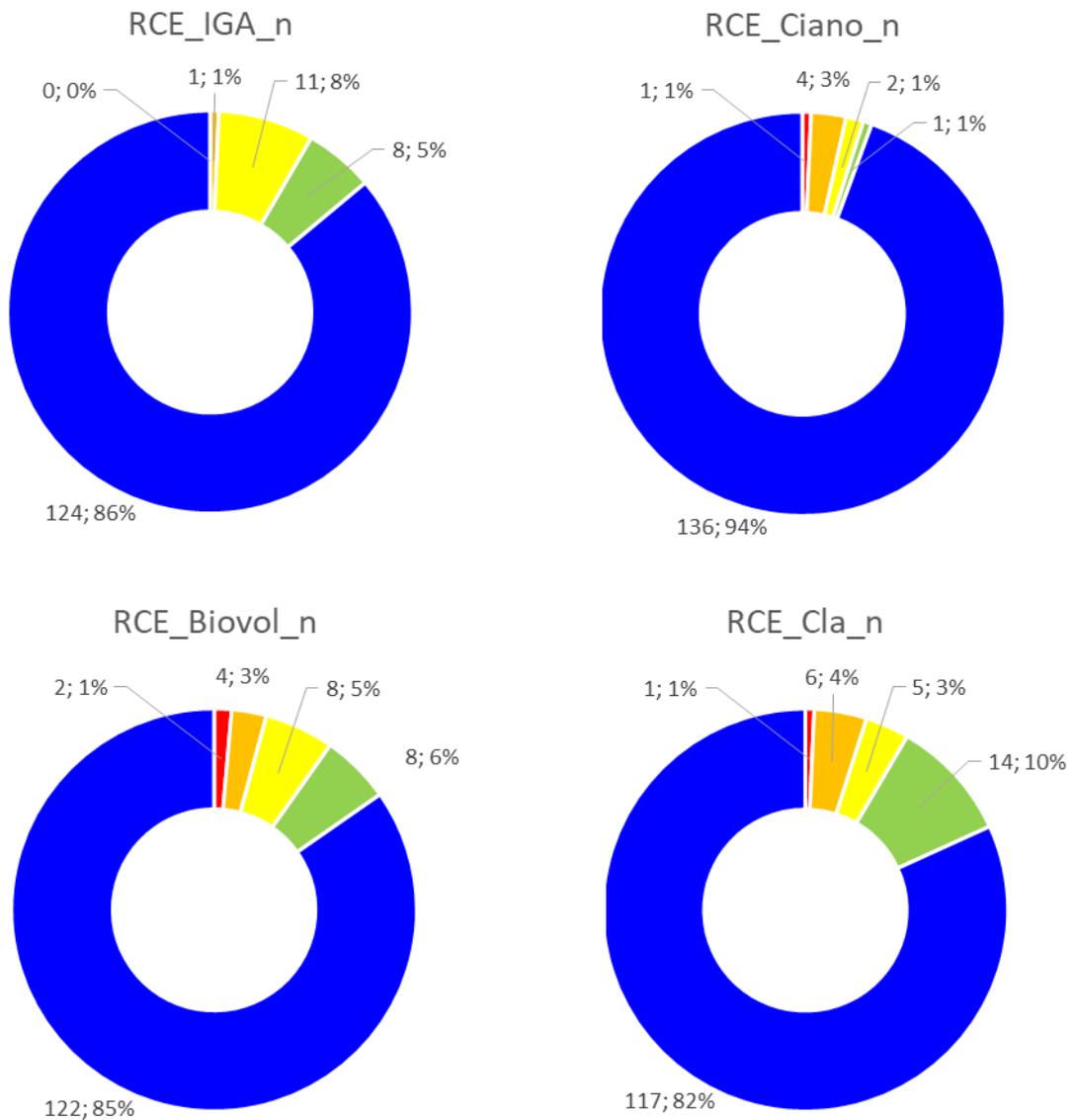


Figura 74. Clasificación de embalses según los RCE_normalizados de los cuatro indicadores del fitoplancton para n=144.

En este sentido, y como ya apuntamos en los apartados anteriores, cabe destacar que solo el % de cianobacterias no se correlaciona con el ET, si bien el IGA lo hace con un nivel de significancia 40 y 140 veces menor que el biovolumen y la clorofila a respectivamente.

Si recordamos que para el cálculo del IPE, se calculan dos nuevos índices: RCE Composición (media de IGA y % de cianobacterias) y RCE Biomasa (media del biovolumen y la clorofila a), resulta interesante analizar esas variables para conocer cuál es la correlación de los RCE Composición y Biomasa con el IPE y el ET. Los resultados de las correlaciones no paramétricas de Spearman se presentan en la Tabla 59.

Tabla 59. Correlación entre los indicadores del IPE, el RCE Composición y Biomasa con el IPE y el ET, para todos los muestreos.

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (IPE)	p	Coefficiente de Correlación (ET)
IGA	-6,65073	1,0648E-18	-0,28727	0,00048108
RCE_IGA	0,62528	5,4132E-17	0,20636	0,013082
RCE_IGA_n	0,6651	9,7627E-20	0,28045	0,00066232
% cianobacterias	-0,31015	0,00015491	-0,040844	0,62692
RCE_ciano	0,34834	1,8821E-05	0,073656	0,38029
RCE_ciano_n	0,31021	0,00015445	0,041502	0,62138
RCE_COMPOSICIÓN	0,7357	8,4702E-26	0,22431	0,0068763
Biovolumen	-0,43152	6,6717E-08	-0,33823	0,00003379
RCE_Biovol	0,59278	4,9827E-15	0,44206	2,9066E-08
RCE_Biovol_n	0,61473	2,4877E-16	0,43263	6,1185E-08
Clorofila a	-0,58469	1,4224E-14	-0,77035	1,5267E-29
RCE_Cla	0,7158	6,6385E-24	0,66246	1,5302E-19
RCE_Cla_n	0,71387	9,929E-24	0,6599	2,3533E-19
RCE_BIOMASA	0,78134	7,1985E-31	0,64456	2,8553E-18

Como puede comprobarse, todas las métricas normalizadas (_n) empleadas para el cálculo del IPE están correlacionadas con el mismo. Por otra parte cabe destacar que los valores reales de las métricas y la transformación de las mismas en un RCE y luego en un RCE_n coinciden casi de forma exacta en el caso del % de cianobacterias y son similares para el IGA, si bien en el caso de la clorofila a y especialmente del biovolumen, la correlación que existe entre el RCE_n y el IPE es mucho mayor que la existente considerando los valores de los indicadores, lo que podría explicar la mayor correlación que existe entre el RCE Biomasa y el IPE (xE-31), frente a la correlación que presenta el RCE Composición con el IPE (xE-26).

La lectura de la Tabla 59 permite apreciar que no existe correlación entre las métricas referidas a cianobacterias y el Estado Trófico, aspecto que resulta llamativo, ya que como se indicó en este mismo capítulo, toda la literatura

científica asocia la presencia de cianobacterias con problemas de eutrofización del agua.

Por otra parte cabe señalar que el IGA se correlaciona con el ET, al igual que el biovolumen y la clorofila a, si bien en un nivel de significancia mucho menor, lo que propicia que la correlación del ET sea del orden de 150 veces mayor con el RCE Biomasa que con el RCE Composición. Es lógico que el IGA esté correlacionado con el ET, puesto que es uno de los cuatro indicadores del IPE y por lo tanto se emplea en la obtención del mismo, pero por otra parte, si el IGA estuviese relacionado con degradación de la masa de agua, sería de esperar una correlación significativa más alta con el ET.

La tabla anterior, nos permite afirmar que la correlación que existe entre el ET y el IPE se debe a la métrica de Biomasa y sobre todo a la clorofila a.

Si atendemos únicamente a la época estival, la adecuada para realizar este tipo de muestreos según el protocolo del MITECO, los resultados de las correlaciones con los que aparecen en la Tabla 60.

Tabla 60. Correlación entre los indicadores del IPE, el RCE Composición y Biomasa con el IPE y el ET para los muestreos estivales.

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (IPE)	p	Coefficiente de Correlación (ET)
IGA	-7,54E-01	1,11E-07	-0,37129	2,58E-02
RCE_IGA	7,57E-01	8,92E-08	3,07E-01	6,87E-02
RCE_IGA_n	8,31E-01	3,69E-10	0,41867	1,10E-02
% cianobacterias	-5,02E-01	1,79E-03	-2,24E-01	0,18818
RCE_ciano	5,00E-01	1,90E-03	0,2236	0,18988
RCE_ciano_n	5,05E-01	1,69E-03	2,28E-01	0,18014
RCE_COMPOSICIÓN	8,71E-01	4,8237E-12	0,35524	0,033495
Biovolumen	-4,83E-01	2,84E-03	-4,24E-01	0,0099713
RCE_Biovol	6,43E-01	2,31E-05	4,35E-01	0,008026
RCE_Biovol_n	6,43E-01	2,38E-05	0,43342	0,0082739
Clorofila a	-5,90E-01	0,00015029	-8,59E-01	2,0091E-11
RCE_Cla	6,91E-01	3,06E-06	0,70658	1,4655E-06
RCE_Cla_n	6,89E-01	3,42E-06	7,03E-01	1,72E-06
RCE_BIOMASA	8,06E-01	3,06E-09	0,66444	9,91E-06

En este caso, se puede apreciar como el RCE Composición se correlaciona mejor con el IPE que el RCE Biomasa, debido fundamentalmente a la menor correlación que presenta la clorofila a frente al incremento de la correlación del IGA.

En cualquier caso, el dato más llamativo es que el RCE Composición no está significativamente correlacionado con el ET y el RCE Biomasa lo hace por la correlación que presentan el biovolumen y la clorofila a, si bien esta correlación es del orden de 30 veces superior para la clorofila a.

Visto lo anterior, considerando los resultados obtenidos y las limitaciones ya comentadas que a día de hoy presentan los indicadores, como que el IGA no considere algunos grupos algales que han supuesto blooms, o que el biovolumen medido frente al propuesto en TAXAGUA supone una elevada incertidumbre y además dicha métrica está presente en 3 de las cuatro variables empleadas para calcular el IPE (biovol, % de cianobacterias e IGA), sumado a al empleo de medias de medias para calcular el IPE final, implican que **la forma actual de calcular el IPE enmascara las condiciones reales de los embalses**, ya que no es todo lo sensible que debería a las condiciones de Eutrofia.

7.4. DISCUSIÓN

Si se realiza una revisión de los resultados obtenidos a nivel de otras Confederaciones Hidrográficas, podemos ver como la sobreestimación del valor del IPE ha resultado ser parecida en la Confederación Hidrográfica del Ebro, que en un análisis similar durante campañas de verano (cuando el IPE actual era una propuesta que todavía no se había publicado por el RD 817/2015), ya analizaba dicho índice estableciendo que el potencial ecológico de los embalses empleando el IPE "normativo" se sobreestimaba (CHE, 2009).

Al igual ocurre en la Confederación Hidrográfica Miño-Sil, donde la entrada en vigor del RD 817/2015 implicó una mejoría notable en el estado de las masas de agua tipo embalses, debida fundamentalmente a la modificación de las clases de corte de los estados. Así, de las 30 masas de agua con que cuenta esta Confederación, se pasó de un estado bueno o muy bueno en el 66,7 % a un 86,7%. (CHMS, 2016). Estas masas han mejorado exclusivamente por el cambio de criterio de la legislación, ya que prácticamente no se han implementado medidas en esos

embalses (CHMS, 2016). Analizando algún dato de ejemplos concretos podemos apreciar como embalses con 20,72 µg/l de clorofila a, biovolumen de 2,91 mm³/l, un 1,2% de cianobacterias, un IGA de 1,2, un disco de Secchi de 0,8 y un fósforo total de 22 µg/l presentan ahora un estado bueno o superior (CHMS, 2017). En definitiva, que los indicadores que antes a juicio de experto indicaban un potencial ecológico deficiente o malo, ahora han pasado a ser buenos en su mayoría, siguiendo el criterio normativo.

En el caso de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, la ausencia de muestreos prácticamente desde el año 2011 hasta el 2018, ha impedido tener una visión adecuada sobre la evolución del potencial ecológico por parte de la Administración, si bien podemos emplear los datos del presente trabajo y compararlos con los del pasado en embalses como La Barca. Así, podemos ver como en el año 2006 el embalse de La Barca presentó una clorofila a de 52,37 µg/l, un biovolumen de 24,77 mm³/l, una densidad algal de 362.441 cel/ml, un % de cianobacterias de 83.2 %, un IGA de 366,8, con una profundidad de disco de Secchi de 0,7m, el agua turbia y un oxígeno hipolimnético de 5,4 mg/l, lo que evidenciaba un embalse en un estado malo con un IPE bajísimo de 0,08. En 2007 se muestreó el embalse durante el verano y el invierno; y los resultados actualmente se clasificarían como buenos con un RCE de 0,62, aunque destacan datos como un % de cianobacterias del 45,6 % en la campaña de verano, un IGA de 54,0, una densidad algal de 10.410 cel/ml y un hipolimnion parcialmente anóxico. Cabe destacar que por aquel entonces, el estado se consideró moderado, pero con las nuevas condiciones de referencia, indicadores y límites de cambio de clase, pasa a ser bueno, lo que parece evidenciar nuevamente que se sobreestima el potencial ecológico del mismo.

Otro ejemplo puede ser el embalse de Salime, cuyo estado ha sido bueno durante los muestreos de 2006, 2007 y 2008 según la CHCocc, pero el análisis de los RCE_n por separado, nos permite apreciar que en el verano de 2007, estados deficientes para el biovolumen, moderados para la clorofila a o el IGA, no han supuesto una merma en el IPE para que el resultado sea menor de bueno con un RCE de 0,63, que sin embargo en el pasado, sí se había considerado como moderado en relación con el fitoplancton, aspecto que además se ha podido evidenciar en el presente trabajo con los resultados obtenidos a lo largo de los muestreos de estos últimos años. (CHCocc, 2015).

El análisis de los resultados de la Red de Vigilancia de lagos, humedales interiores y embalses de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), ciclo hidrológico 2016-2017, concluye que de los 12 embalses muestreados, todos se encuentran en estado bueno o superior. Un análisis más detallado, nos permite observar que solo existen 3 tipologías, 1, 7 y 9, de las cuales la 1 está representada por el embalse del Añarbe y la siete por el de Ibiuir y Lareo, siendo todos los demás pertenecientes al tipo 9, aspecto interesante de reseñar, ya que no existen tipos como el 3, que implican sustratos silíceos. El análisis de los datos nos permite ver una ocasión con un % de cianobacterias del 60,998 %, que no supuso modificación del estado muy bueno. En cualquier caso, la lectura del Anejo I de la Memoria de la Revisión 2015-2021 del Plan Hidrológico de la Parte Española de la Demarcación hidrográfica del Cantábrico Oriental, indica como en el pasado, durante los años 2009 al 2013, los indicadores biológicos referidos al fitoplancton solo muestran un estado moderado durante el año 2011 en el embalse de Urkulu que originó un estado peor que bueno, si bien el análisis de los datos históricos del embalse indica que se trata de un hecho aislado, ya que presenta buenos resultados en el resto del histórico. En este sentido, cabe señalar el hecho de que las tipologías 7 y 9, tampoco presentan grandes problemas en cuanto al IPE en los embalses objeto del presente trabajo.

En relación con la Confederación Hidrográfica del Duero, destaca la ausencia de datos individualizados por embalse para poder analizar de forma adecuada la información, pero en resumen, consta de 42 embalses (CHD, 2015b). El 72,34 % de las masas de agua referidas a embalses presentan un IPE bueno o muy bueno, el 23,4% moderado y el 4,26% deficiente, no presentando ninguna un IPE malo (CHD, 2015a). Si analizamos los datos procedentes del 2009 para esas mismas masas, vemos como por aquel entonces el 48,78% presentaban un IPE bueno o muy bueno, el 43,90 % un potencial ecológico moderado y el 7,32 un IPE malo, lo que también evidencia una notable mejoría (CHD, 2015a). Desde el 2013 en adelante, el IPE se ha mantenido más o menos constante siendo en 2017 las cifras prácticamente iguales a las del 2013 (CHD, 2019).

En esta cuenca, sí existen tipologías sobre sustrato silíceo, pertenecientes a los tipos 1, 5 y 3, si bien la de tipo 3, solo estaría presente un embalse de los 42 (CHD, 2015c).

Finalmente, se han analizado también los resultados obtenidos por Aguas de Galicia en la demarcación de Galicia Costa. Esta demarcación resulta interesante

porque el 68,4% de los embalses que la conforman son de tipología 3 y el resto de tipo 1. Es decir, se ubica exclusivamente sobre sustrato silíceo que es el que presenta mayoritariamente casos de eutrofia en los embalses objeto de presente estudio. Resulta llamativo que Galicia Costa clasifica todos sus embalses como peor que buenos, porque introducen el estado físico-químico para corregir el IPE. Así, un 47,5 % de los embalses presentan problemas de fósforo total, un 29,4 % presentan problema de oxígeno disuelto y un 35,3% problemas con el fitoplancton. (CHGC, 2015). En la última actualización hay 4 embalses que presentan estado bueno (un 23,5%), 11 moderado, 1 deficiente y 1 malo.

Resulta interesante señalar la problemática con el fósforo total, ya que es algo que no se detecta en la Confederación Hidrográfica del Cantábrico oriental, en el presente estudio se hace patente (con valores elevados de fósforo total) y se observa como más hacia el oeste, donde ya son exclusivos los sustrato silíceos, este aspecto cobra todavía más importancia, lo que podría estar relacionado además con los usos del suelo, la carga ganadera y las tradiciones locales. Es destacable además, que en esta demarcación, desde 2006, existe un protocolo de actuación ante proliferaciones de cianobacterias en los embalses de abastecimiento.

Como síntesis final, podríamos indicar que mientras que las variables empleadas para el cálculo del IPE presentan cierta sensibilidad, la forma de obtener el valor final del mismo mediante el cálculo de la media entre el IGA y el % de cianobacterias para luego calcular otra media entre el biovolumen y la clorofila a y terminar haciendo una nueva media de estas dos, propicia que la sensibilidad que sí presentan las métricas por separado, se vea enmascarada y los resultados tiendan a ser buenos.

Es interesante añadir además, que ni el IGA ni el % de cianobacterias han presentado una correlación positiva con el ET durante los veranos, momento en el cual se debe aplicar el protocolo según el MITECO.

El análisis de resultados obtenidos por las diferentes Confederaciones Hidrográficas, evidencia una notable mejoría en los Potenciales Ecológicos de los embalses coincidiendo con la aplicación del protocolo del MITECO y con la publicación del RD 817/2015 que incorporaba nuevas clases de corte.

Como ya ha sido puesto de manifiesto en el apartado anterior, no parece razonable que un embalse con un 98% de cianobacterias tóxicas, una clorofila a de 18,5 µg/l y con un biovolumen de 0,63 mm³/l presente un estado bueno cuando además presenta un disco de Secchi de 1,65 m, un fósforo total de 270 µg/l, una densidad de 508,9 cel/ml y condiciones de anoxia en el fondo. Por todo ello, resulta evidente que es necesario hacer una revisión crítica del procedimiento de cálculo del IPE para evitar este tipo de situaciones.

7.5. NUEVA PROPUESTA PARA EL CÁLCULO DEL IPE (IPE-PV)

Como se ha visto a lo largo de los capítulos anteriores, los resultados obtenidos para el IPE, si bien se correlacionan con el Estado Trófico, no presentan un paralelismo en cuanto a la catalogación final. El análisis de las métricas del IPE permite concluir que pueden ser sensibles a episodios de eutrofia, pero la coincidencia temporal de varias variables con estados moderados, deficientes o malos, es prácticamente inexistente, lo que unido al empleo de medias en el cálculo de los RCEs Biomasa y Composición; y a la consideración de los embalses como masas de agua muy modificadas que implica bajar la clase de corte bueno/moderado hasta el 0,6 (en vez de 0,7), hacen que el valor final del IPE termine siendo muy bueno o bueno en prácticamente todas las ocasiones.

Además de lo expuesto, los indicadores del IPE deberán seguir mejorándose con el tiempo, sobre todo en relación con el biovolumen que está directamente relacionado con tres de las cuatro métricas implicadas en el cálculo (biovol, % de cianobacterias e IGA) y probablemente incorporando otros elementos de calidad como podrían ser las macroalgas, los macroinvertebrados o los peces.

En cualquier caso, con el objetivo de conseguir una mejor clasificación final para el IPE y con el ánimo de hacerlo de la forma más sencilla posible y sin alterar la evolución de los indicadores hasta el día de hoy, se propone emplear como valor final del IPE el valor más bajo de los RCE normalizados de cada una de las cuatro métricas calculadas.

Esta propuesta tan sencilla de aplicar, que implica únicamente eliminar el último paso en el cálculo del IPE (que consistía en obtener los RCEs Biomasa y Composición para luego hacer una media entre ellos), se fundamenta en lo

establecido en el Anexo III-B del Real Decreto 817/2015, "Criterios para la Combinación de Indicadores de los Elementos de Calidad Biológicos", que en su apartado 2. Indica: *Se deberán calcular los valores de los indicadores de calidad biológicos observados con los valores de las condiciones de referencia recogidos en el Anexo II, cuanto estos indicadores correspondan a presiones diferentes o resulten evaluaciones distintas se adoptará el valor más restrictivo.*

Así, con la mera interpretación de la legislación de aplicación y considerando que todas las métricas son indicadoras de eutrofia, podemos establecer como valor del IPE el valor más restrictivo de las mismas.

7.5.1. Valores obtenidos para el nuevo IPE (IPE-PV)

La aplicación de la propuesta planteada para calcular el que denominaremos IPE-PV, implicaría la obtención de los resultados recogidos en la Tabla 61, para las n=144 muestras analizadas.

Para una mejor interpretación visual, se representan en la Figura 75 los estados obtenidos mediante el IPE, el nuevo IPE-PV propuesto, comparado con la clasificación trófica del ET.

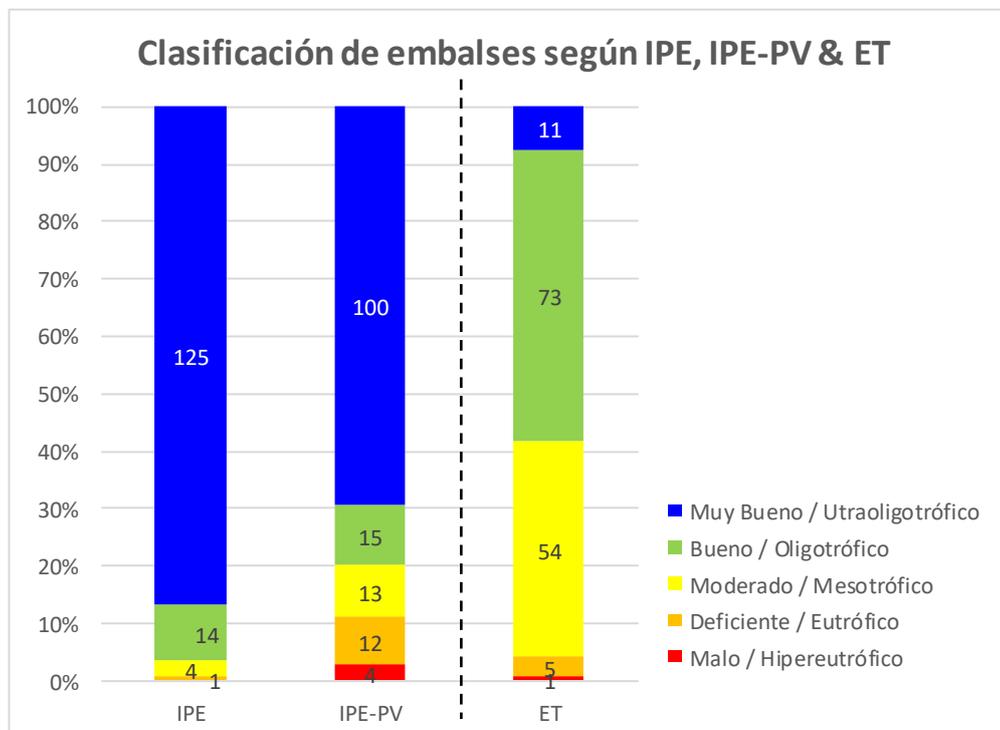


Figura 75. Clasificación de embalses según IPE, IPE-PV y ET.

Como puede comprobarse, un 79,87 % de las muestras se clasificarían como buenas o muy buenas, el 9% serían moderadas, el 8,33% serían deficientes y el 2,77 % serían malas.

Tabla 61. Valores de los RCE normalizados de los indicadores del IPE y selección del peor valor para establecer el IPE-PV.

	RCE_IGA_n	RCE_%cia_n	RCE_BV_n	RCE_Cla_n	IPE-PV
BA_ver1	0,87	0,01	0,79	0,31	0,01
FU_ver1	0,95	1,00	1,00	1,00	0,95
GR_ver1	0,99	0,94	0,52	1,00	0,52
PI_ver1	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
PR_ver1	0,98	0,98	1,00	1,00	0,98
RI_ver1	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
SA_ver1	0,98	0,93	1,00	1,00	0,93
SO_ver1	0,98	0,93	1,00	1,00	0,93
TA_ver1	0,97	0,99	1,00	0,82	0,82
VA_ver1	0,98	1,00	1,00	0,41	0,41
VAI_ver1	0,98	0,99	1,00	1,00	0,98
VAII_ver1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BA_oto2	0,96	0,82	1,00	0,98	0,82
FU_oto2	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
GR_oto2	0,94	0,33	1,00	0,92	0,33
PI_oto2	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
PR_oto2	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
RI_oto2	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
SA_oto2	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
SO_oto2	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
TA_oto2	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
VA_oto2	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
VAI_oto2	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
VAII_oto2	0,98	1,00	1,00	0,89	0,89
BA_inv3	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
FU_inv3	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
GR_inv3	0,95	1,00	1,00	1,00	0,95
PI_inv3	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
PR_inv3	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
RI_inv3	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
SA_inv3	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
SO_inv3	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
TA_inv3	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
VA_inv3	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
VAI_inv3	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
VAII_inv3	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98

	RCE_ IGA_n	RCE_ % cia_n	RCE_ BV_n	RCE_ Cla_n	IPE-PV
BA_pri4	0,97	1,00	1,00	0,46	0,46
FU_pri4	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
GR_pri4	0,88	1,00	0,70	0,10	0,10
PI_pri4	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
PR_pri4	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
RI_pri4	0,97	1,00	1,00	0,97	0,97
SA_pri4	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
SO_pri4	0,98	0,27	1,00	1,00	0,27
TA_pri4	0,98	1,00	1,00	0,67	0,67
VA_pri4	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
VAI_pri4	0,99	1,00	1,00	0,93	0,93
VAII_pri4	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
BA_ver5	0,88	0,37	1,00	0,89	0,37
FU_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
GR_ver5	0,98	1,00	1,00	0,91	0,91
PI_ver5	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
PR_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_ver5	0,61	1,00	1,00	1,00	0,61
SA_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SO_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TA_ver5	0,59	1,00	1,00	1,00	0,59
VA_ver5	1,00	1,00	1,00	0,65	0,65
VAI_ver5	0,84	1,00	0,14	0,25	0,14
VAII_ver5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FU_oto6	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
PR_oto6	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
VA_oto6	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
PI_oto6	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
RI_oto6	0,97	1,00	1,00	0,77	0,77
SA_oto6	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
SO_oto6	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
VAI_oto6	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
VAII_oto6	0,98	1,00	1,00	0,86	0,86
TA_oto6	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
BA_oto6	0,96	0,55	0,97	0,30	0,30
GR_oto6	0,94	0,90	1,00	0,68	0,68
BA_inv7	0,75	0,24	1,00	1,00	0,24
FU_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
GR_inv7	0,52	1,00	1,00	0,72	0,52
PI_inv7	1,00	1,00	1,00	0,76	0,76
PR_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_inv7	1,00	1,00	1,00	0,83	0,83
SA_inv7	0,94	1,00	1,00	1,00	0,94
SO_inv7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TA_inv7	1,00	1,00	1,00	0,91	0,91
VA_inv7	0,98	1,00	1,00	0,85	0,85
VAI_inv7	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90
VAII_inv7	1,00	0,91	1,00	1,00	0,91

	RCE_ IGA_n	RCE_ % cia_n	RCE_ BV_n	RCE_ Cla_n	IPE-PV
BA_pri8	0,31	1,00	0,39	0,71	0,31
FU_pri8	1,00	1,00	0,53	1,00	0,53
GR_pri8	0,59	1,00	0,16	0,56	0,16
PI_pri8	0,99	0,88	1,00	1,00	0,88
PR_pri8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_pri8	0,66	1,00	1,00	0,78	0,66
SA_pri8	1,00	0,97	1,00	1,00	0,97
SO_pri8	0,96	0,74	1,00	1,00	0,74
TA_pri8	0,76	1,00	0,51	0,85	0,51
VA_pri8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VAI_pri8	1,00	0,93	1,00	1,00	0,93
VAII_pri8	1,00	1,00	0,60	0,73	0,60
BA_ver9	0,43	0,41	0,22	0,42	0,22
FU_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
GR_ver9	0,70	1,00	0,57	0,32	0,32
PI_ver9	1,00	0,93	1,00	1,00	0,93
PR_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_ver9	0,78	1,00	0,62	1,00	0,62
SA_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SO_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TA_ver9	0,90	1,00	0,79	1,00	0,79
VA_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VAI_ver9	0,88	0,95	1,00	1,00	0,88
VAII_ver9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FU_oto10	1,00	0,99	0,53	1,00	0,53
PR_oto10	1,00	1,00	0,83	1,00	0,83
VA_oto10	1,00	0,99	1,00	1,00	0,99
PI_oto10	0,99	0,97	1,00	1,00	0,97
RI_oto10	0,55	1,00	0,46	0,77	0,46
SA_oto10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SO_oto10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VAI_oto10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
VAII_oto10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
TA_oto10	0,57	1,00	0,20	0,64	0,20
BA_oto10	0,60	1,00	0,23	0,68	0,23
GR_oto10	0,54	1,00	1,00	1,00	0,54
BA_inv11	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
FU_inv11	0,85	1,00	0,68	0,96	0,68
GR_inv11	0,55	1,00	0,42	0,34	0,34
PI_inv11	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98
PR_inv11	0,96	1,00	0,92	0,87	0,87
RI_inv11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SA_inv11	0,71	1,00	1,00	1,00	0,71
SO_inv11	0,90	1,00	1,00	1,00	0,90
TA_inv11	0,83	1,00	1,00	1,00	0,83
VA_inv11	0,96	1,00	1,00	1,00	0,96
VAI_inv11	0,99	0,82	1,00	1,00	0,82
VAII_inv11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

	RCE_ IGA_n	RCE_ % cia_n	RCE_ BV_n	RCE_ Cla_n	IPE-PV
BA_pri12	0,83	1,00	0,44	0,71	0,44
FU_pri12	0,96	0,99	1,00	1,00	0,96
GR_pri12	0,99	1,00	0,62	0,29	0,29
PI_pri12	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
PR_pri12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RI_pri12	0,42	1,00	0,64	0,49	0,42
SA_pri12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SO_pri12	0,80	1,00	1,00	1,00	0,80
TA_pri12	0,55	1,00	1,00	0,91	0,55
VA_pri12	1,00	1,00	1,00	0,65	0,65
VAI_pri12	0,96	0,98	1,00	1,00	0,96
VAII_pri12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Para una mejor interpretación, se muestran en la Tabla 62 los resultados organizados por embalse y campañas a lo largo de los años (ver Anexo III para una mejor comparación con los resultados del IPE y ET). Como puede apreciarse, existen dos embalses: La Barca y Salime, que evidencian potenciales moderados, deficientes y malos con frecuencia. Este resultado coincide con el diagnóstico del anterior IPE, si bien en este caso el IPE-PV es inferior a moderado en muchas más ocasiones.

Si analizamos el caso de La Barca, podemos ver que a lo largo de las campañas realizadas durante estos años, todas las métricas del fitoplancton han presentado clases de calidad deficientes, lo que evidencia que existe un problema de eutrofia en el embalse, al igual que había identificado el ET en cuatro ocasiones.

En el caso de Salime, las cianobacterias, el biovolumen y la clorofila a han sido al menos deficientes, mientras que el IGA ha llegado a ser moderado. En cualquier caso, estamos ante un escenario similar al de La Barca, ya que coincide con lo que ya puso de manifiesto el IPE y además es el único embalse en el que se había detectado una hipereutrofia mediante el ET.

Para el resto de embalses en los que se han detectado métricas inferiores a buenas, en tres de ellos solo se ha detectado una de las 12 veces alguna métrica con estado moderado o inferior: Valdemurio (una ocasión la clorofila a durante el verano), Somiedo (una vez el % de cianobacterias durante la primavera) y Valle I (una vez el biovolumen durante el verano), presentando los muestreos restantes unos estados normalmente muy buenos, por lo que estos episodios podrían ser

considerados posibles alertas a tener en cuenta durante la monitorización, pero no dejan de ser episodios aislados en un marco general de normalidad.

Por otra parte, existen dos embalses en los que los que al menos una métrica ha sido moderada en dos ocasiones: Furacón (dos veces el biovolumen en primavera y otoño) y Rioseco (2 veces el IGA, 1 vez el biovolumen y 1 vez la clorofila a en primavera y otoño); y otro que en tres ocasiones ha presentado métricas moderadas o deficientes: Tanes (dos veces el IGA y una vez el biovolumen, en primavera, verano y otoño). Como puede verse, en este caso, Furacón, Rioseco y Tanes, a pesar de presentar potenciales buenos a lo largo de la mayoría de los muestreos, indican que puede existir un problema relacionado fundamentalmente con el biovolumen y el IGA, lo que deberá ser objeto de control y seguimiento.

Tabla 62. Resultados del IPE-PV de los embalses estudiados.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	0,951	0,975	0,978	0,978	1,00	0,979	1,00	0,532	1,00	0,531	0,683	0,961
	Max.	Mod.	Max.	Mod.	Bue.	Max.						
PRIAÑES	0,978	0,982	0,978	0,975	1,00	0,978	1,00	0,997	1,00	0,826	0,864	1,00
	Max.											
VALDEMURIO	0,409	0,978	0,978	0,977	0,652	0,975	0,846	1,00	1,00	0,993	0,962	0,651
	Mod.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.
PILOTUERTO	0,967	0,967	0,967	0,967	0,989	0,969	0,764	0,883	0,925	0,971	0,981	0,973
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
LA BARCA	0,012	0,825	0,967	0,464	0,370	0,298	0,241	0,306	0,222	0,230	0,986	0,441
	Malo	Max.	Max.	Mod.	Def.	Def.	Def.	Def.	Def.	Def.	Max.	Mod.
RIOSECO	0,975	0,976	0,978	0,966	0,610	0,768	0,830	0,655	0,615	0,461	1,000	0,420
	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Bue.	Mod.	Max.	Mod.
TANES	0,821	0,968	0,978	0,672	0,593	0,973	0,906	0,506	0,794	0,20	0,828	0,550
	Max.	Max.	Max.	Bue.	Mod.	Max.	Max.	Mod.	Bue.	Def.	Max.	Mod.
SALIENCIA	0,933	0,978	0,978	978	1,000	0,978	0,942	0,967	1,000	1,000	0,709	0,998
	Max.	Bue.	Max.									
SOMIEDO	0,933	0,978	0,978	0,267	1,000	0,978	1,000	0,736	1,000	1,000	0,896	0,798
	Max.	Max.	Max.	Def.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Bue.
VALLE I	0,977	0,982	0,977	0,931	0,139	0,978	0,900	0,932	0,883	0,999	0,824	0,959
	Max.	Max.	Max.	Max.	Malo	Max.						
VALLE II	1,000	0,890	0,978	0,977	1,000	0,856	0,907	0,604	1,000	1,000	1,000	1,000
	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.						
SALIME	0,523	0,326	0,947	0,104	0,905	0,678	0,517	0,156	0,320	0,544	0,337	0,293
	Mod.	Def.	Max.	Malo	Max.	Bue.	Mod.	Malo	Def.	Mod.	Def.	Def.

Max. Máximo, Bue. Bueno, Mod. Moderado, Def. Deficiente

7.5.2. Relación entre el IPE-PV, IPE y ET

Con la aplicación del IPE-PV se obtienen unos resultados que parecen responder mejor a los obtenidos con el IPE, adaptándose a lo indicado por el ET. Para comprobar la mejor respuesta teórica de este nuevo índice frente al ET, nuevamente se hicieron análisis de correlaciones no paramétricas de Spearman, identificando como significativas aquellas cuya $p \leq 0,01$. Se estudió la correlación entre los estados obtenidos con los dos índices de potencial ecológico (IPE & IPE-PV) frente a los valores de ET para $n=144$. Los resultados se presentan en la Tabla 63.

Tabla 63. Correlación entre el Estado del IPE y el ET; y el Estado del IPE-PV con el ET para todos los muestreos.

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (ET)
Estado IPE	-0,4375	4,2E-08
Estado IPE-PV	-4,75E-01	1,8E-09

Como puede apreciarse, el estado obtenido empleando el IPE-PV presenta una mejor correlación con el ET y si lo analizamos considerando únicamente el periodo estival (que es lo que recomienda el protocolo del MITECO), con $n=32$ el resultado es también mejor para el estado obtenido mediante el IPE-PV (ver Tabla64).

Tabla 64. Correlación entre el Estado del IPE y el ET; y el Estado del IPE-PV con el ET para los muestreos estivales.

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (ET)
Estado IPE	-5,34E-01	0,00079
Estado IPE-PV	-6,10E-01	0,000078

La siguiente pregunta que cabría hacerse es ¿Qué ha pasado con la correlación entre las métricas del IPE y el nuevo IPE-PV? ¿Se mantienen o se han perdido?. Para analizar este aspecto, se ha vuelto a aplicar sobre $n=144$ un análisis de correlación, con los resultados recogidos en la Tabla 65.

Tabla 65. Correlación entre los indicadores del IPE y sus RCE normalizados con el Estado del IPE y el Estado del IPE-PV.

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (Estado IPE)	p	Coefficiente de Correlación (Estado IPE-PV)
IGA	4,78E-01	1,349E-09	5,17E-01	3,17E-11
RCE_IGA_n	-4,92E-01	3,738E-10	-5,32E-01	6,6568E-12
% Ciano	0,18455	0,026808	1,84E-01	2,77E-02
RCE_Ciano_n	-1,85E-01	0,026334	-1,82E-01	2,87E-02
Biovol	4,90E-01	4,687E-10	4,92E-01	3,8035E-10
RCE_biovol_n	-0,7186	3,671E-24	-0,674	2,0775E-20
Cla	5,10E-01	6,795E-11	5,68E-01	1,19E-13
RCE_cla_n	-6,31E-01	2,337E-17	-6,74E-01	2,1873E-20

Como puede apreciarse en la Tabla 65, las correlaciones se mantienen de forma muy similar con las métricas que permiten el cálculo del IPE y del IPE-PV. Lo único reseñable sería que empleando el IPE-PV, disminuye la correlación existente entre el IPE con el RCE_biovol_n y por otro lado, aumenta la correlación entre el IPE y el RCE_cla_n.

Resulta interesante en este punto la comparación de los resultados obtenidos en las Tablas 47, 49 y 62, para lo cual se han recopilado todas juntas en el Anexo III. Como puede apreciarse, existen muchas más similitudes en cuanto a los estados finales del IPE con la aplicación del IPE-PV, asemejándose a lo que refleja el Estado Trófico.

Por todo lo expuesto, se puede afirmar que el empleo del IPE-PV mejora la correlación con el Estado Trófico sin alterar la relación entre las métricas del mismo.

7.6. CORRECCIÓN DEL IPE-PV CON ELEMENTOS FÍSICO-QUÍMICOS

En el presente capítulo se desarrollará la posibilidad de corregir los resultados obtenidos para el IPE-PV con elementos físico-químicos. Así, la motivación de esta propuesta se basa en el artículo 15 del RD 817/2015, en el que se indica el procedimiento para la evaluación del estado o potencial ecológico.

"1. La clasificación del estado o potencial ecológico se realizará con los resultados obtenidos para los indicadores correspondientes a los elementos de calidad biológicos, químicos y físico-químicos, e hidromorfológicos y vendrá determinado por el elemento de calidad cuyo resultado final sea el más desfavorable.

2. Cada elemento de calidad permite clasificar el estado o potencial ecológico en las clases siguientes:

a) Muy bueno, bueno, moderado, deficiente y malo, aplicando los elementos de calidad biológicos.

b) Muy bueno, bueno y moderado, aplicando los elementos de calidad químicos y físicoquímicos.

c) Muy bueno y bueno, aplicando los elementos de calidad hidromorfológicos.

3. La clasificación del estado o potencial ecológico de una masa de agua se evalúa a través de un proceso iterativo, descrito en el Anexo III B, que comprende las siguientes evaluaciones:

a) Inicialmente se calcula el grado de desviación entre los valores de los indicadores de los elementos de calidad biológicos observados con los valores de las condiciones de referencia recogidos en el anexo II. Cuando se disponga de valores de varios indicadores correspondientes al mismo elemento de calidad biológica se aplicarán los criterios recogidos en el anexo III B.

b) Cuando la clasificación del estado a partir de los elementos de calidad biológicos resulta muy buena o buena, se compara el valor de los indicadores químicos y físico-químicos generales con los límites de clases de estado o potencial correspondientes al tipo de masa de agua superficial que figuran en el anexo II.

Respecto a los contaminantes específicos, se aplican las NCA calculadas, o en su caso, las NCA del anexo V para las sustancias preferentes.

c) Cuando la clasificación con elementos de calidad biológicos y químicos y físico-químicos resulta muy buena, se compara el valor de los indicadores hidromorfológicos con los límites de clases de estado o potencial correspondientes al tipo de masa de agua superficial que figuran en el anexo II."

Como puede concluirse de la lectura anterior, los elementos de calidad físico-químicos no podrán determinar la existencia de estados o potenciales ecológicos deficientes y malos. Básicamente se emplearán para corregir y modular el estado obtenido mediante el empleo de los elementos de calidad biológicos, pudiendo mantener dicho estado o bajarlo hasta el moderado.

El problema que surge en este punto es que a pesar de lo anterior, el RD 817/2015 no establece los indicadores físico-químicos que deberán emplearse para corregir el IPE y por lo tanto, a efectos normativos éste solo se basa actualmente en el fitoplancton, si bien en el pasado esto no era así. La Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica, establecía hasta septiembre de 2015 los siguientes indicadores de calidad físicoquímicos para embalses, que además asumían todas las demarcaciones hidrográficas en sus Planes Hidrológicos:

Tabla 66. Elementos de calidad e indicadores para el cálculo del potencial ecológico en masas de agua muy modificadas. Fuente: Orden ARM/2656/2008 vigente hasta septiembre 2015.

Tipo	Elemento de calidad		Indicador
Físico-químico	Condiciones generales	Transparencia	Profundidad visión disco de Secchi
		Condiciones térmicas	Temperatura del agua
		Condiciones de oxigenación	Oxígeno disuelto Tasa de saturación de oxígeno DBO ₅
		Salinidad	Conductividad eléctrica a 20°C
		Estado de acidificación	pH Alcalinidad
		Nutrientes	Amonio total Nitratos Fosfatos Opcional: Nitrógeno total, Nitrógeno Kjeldahl y Fósforo total
Físico-químico	Contaminantes específicos no sintéticos vertidos en cantidades significativas		Contaminantes no sintéticos del Anexo II del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y Lista II Preferente del Anexo IV del RPH, para los que no existan normas europeas de calidad
	Contaminantes específicos sintéticos vertidos en cantidades significativas		Contaminantes no sintéticos del Anexo II del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y Lista II Preferente del Anexo IV del RPH, para los que no existan normas europeas de calidad

Antes de la entrada en vigor del RD 817/2015, que como ya se indicó establece para el cálculo del IPE que en los embalses únicamente se emplee el elemento de calidad biológica fitoplancton, y antes de que este criterio fuese asumido por el Plan Hidrológico del Cantábrico Occidental, la propia demarcación hidrográfica del Cantábrico Occidental estudiaba y corregía los elementos biológicos con los correspondientes elementos físico-químicos (CHCOcc, 2013). Así, para los embalses se consideraban los siguientes elementos: la transparencia mediante el disco de

Secchi, la turbidez y el color, las condiciones térmicas mediante la temperatura, las condiciones de oxigenación mediante el oxígeno disuelto, la salinidad mediante la conductividad, el estado de acidificación mediante el pH y la alcalinidad y los nutrientes mediante el amonio total, nitratos, nitritos, nitrógeno total, fosfatos y fósforo total.

Por el contrario, y a pesar de la normativa actual, las demarcaciones hidrográficas han seguido de alguna forma tratando de considerar estos elementos de calidad físico-química, como podemos evidenciar en los siguientes casos:

-La Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa, indica que dado que en la Instrucción de Planificación Hidrográfica de la Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa (CHGC, 2015) no hay condiciones de referencia para los indicadores físico-químicos generales, ni se han consensuado unas condiciones de referencia a nivel nacional o internacional, se mantuvieron los límites de cambio de clase establecidos en el Plan Hidrológico de Galicia-Costa 2009-2015. Estos umbrales incluyen límites de condiciones de referencia establecidos por la OCDE (1982) para el fósforo total y la transparencia o por otra parte el umbral establecido para el oxígeno hipolimnético por la Agencia Catalana del Agua en su documento ECOEM (ACA, 2006). En concreto, se evaluaron los parámetros físico-químicos generales de oxígeno hipolimnético, transparencia y fósforo total.

-Por su parte, la Agencia Vasca del Agua, actualmente (CHCOri, 2015), establece la necesidad de corregir el IPE mediante indicadores de calidad físico-química y plantea una propuesta de valoración, conviniendo que la oligotrofia es la situación asociada al potencial bueno y muy bueno y, por lo tanto, la situación que cumple con los objetivos ambientales establecidos en la DMA. Así, define el nivel trófico según OCDE (1982), clasificando las situaciones tróficas de los embalses en base a su contenido en fósforo (como elemento limitante), clorofila a y visibilidad de disco de Secchi. Los objetivos de calidad que definen son:

- Ausencia de déficit hipolimnético de oxígeno, es decir la ausencia de anoxia en el embalse, (>1 mg/l Oxígeno disuelto).
- Media anual de fósforo total (<10 mg/m³) y nitrógeno (<750 mg/m³)
- Disco de secchi > 6m

- Media anual eufótica de clorofila a ($>2,5 \text{ mg/m}^3$) y con un valor máximo anual de 8 mg/m^3
- Un valor de pH entre 6,5 y 8,5

-En el caso de la Demarcación Hidrográfica Miño Sil, actualmente se indica que "adicionalmente se ha medido el estado trófico de los embalses a partir de la aplicación de los valores de referencia de la OCDE y del cálculo del índice de Carlson, sumándose esta valoración a todo lo anterior como complemento en la calificación ecológica final de los lagos artificiales y embalses de esta demarcación en el escenario actual" (CHMS, 2015), pero sin llegar a indicar la forma en la que se procede a realizar esa "suma" y procediendo a indicar en las fichas de cada masa de agua que el método de evaluación del estado ecológico se realiza a "criterio de experto". En cualquier caso, si atendemos al Plan Hidrológico anterior (2009-2015), podemos averiguar que para la corrección con los elementos de calidad físico-química se asignaba una puntuación que iba de 1 a 5 a la transparencia medida con disco de Secchi y a la concentración hipolimnética de oxígeno. Con los valores obtenidos se calculaba la media aritmética. Además, existían 4 parámetros correctores que condicionaban el resultado de la suma inicial. En el caso de que el valor de cada parámetro corrector superase el límite establecido se restaban 0,5 puntos.

El sistema consideraba que para condiciones físico-químicas buenas, la puntuación era superior a 2 y para moderadas o inferiores era menor o igual a 2.

Tabla 67. Resumen del sistema de puntuación empleado por la Demarcación Hidrológica del Miño-Sil para valorar parámetros fisicoquímicos hasta el año 2015. Fuente: Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil (2009-2015, Derogado).

Parámetro	Puntuación				
	5	4	3	2	1
Profundidad Disco Secchi, OCDE (Para media anual)	>12	12-6	6-3	3-1,5	<1,5
Profundidad Disco Secchi, OCDE (Para mínimo anual)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Concentración de O ₂ hipolimnética (mg/l O ₂) Premazzi y Chiaudani, 1992.	>8	8-6	6-4	4-2	<2
A las puntuaciones obtenidas para la profundidad del Disco de Secchi y la concentración de O₂ habrá que restar la cantidad especificada para cada parámetro.					
Presencia de SH ₂					- 0,5
Presencia de NH ₄ > 1 mg/l					- 0,5
pH > 10 (Límite protección de los peces)					- 0,5
Anomalías en la Tª o mineralización					- 0,5

-Finalmente, podemos ver cómo la Confederación Hidrográfica del Ebro sigue manteniendo en sus informes de seguimiento una corrección con los indicadores fisicoquímicos a pesar de lo establecido en el RD 817/2015, como puede apreciarse en todos los informes de seguimiento que publica de forma anual, considerando el fósforo total, el disco de Secchi y el oxígeno hipolimnético.

7.6.1. Propuesta de un método para la incorporación de elementos de calidad físico-químicos en el IPE-PV

Visto todo lo expuesto en el apartado anterior, podemos deducir que en la actualidad el procedimiento para establecer el IPE en los embalses en la Confederación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, no llega a cumplir estrictamente con lo establecido en la DMA y en la propia normativa española, ya que solo se están empleando indicadores de calidad biológicos, que por otro lado son los únicos que establece el RD 817/2015, a pesar de indicar la necesidad de incorporar elementos de calidad físico-químicos.

Debido a que se dispone de numerosos datos físico-químicos obtenidos gracias al diseño de los muestreos, que siguen el protocolo de muestreo de embalses del propio MITECO, se ha decidido emplear varios de estos indicadores atendiendo a las aproximaciones previas y actuales realizadas por las distintas confederaciones hidrográficas.

Así, se propone emplear aquellos indicadores que se han venido empleando de forma habitual por todas las confederaciones y para los cuales existen condiciones de referencia contrastadas según la OCDE o mediante estudios de ámbito europeo como en el caso del oxígeno (Premazzi & Chiadunni, 1992). Los parámetros propuestos, sus puntuaciones y sus clases de corte son los recogidos en la Tabla 68.

Tabla 68. Propuesta para la corrección del IPE-PV con elementos de calidad físico-químicos.

Parámetro	Puntuación				
	5	4	3	2	1
Profundidad Disco Secchi (mínimo anual, m), OCDE	>6	3-6	1,5-3	0,7-1,5	<0,7
Concentración de P total (µg/l) OCDE	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Concentración de O ₂ hipolimnética (mg/l) Premazzi y Chiaudani, 1992.	>8	6-8	4-6	2-4	<2

En función de los valores obtenidos, se procederá a asignar una puntuación de 1 a 5 a cada elemento para proceder posteriormente al cálculo de la media de los tres parámetros. El resultado será el valor final del indicador de las condiciones físico-químicas que podrá oscilar entre los valores 1 y 5.

El siguiente paso tras la obtención del indicador físico-químico será seguir el esquema propuesta en la Figura 76 de toma de decisiones para corregir el IPE-PV y modificar en su caso la catalogación final del potencial ecológico.

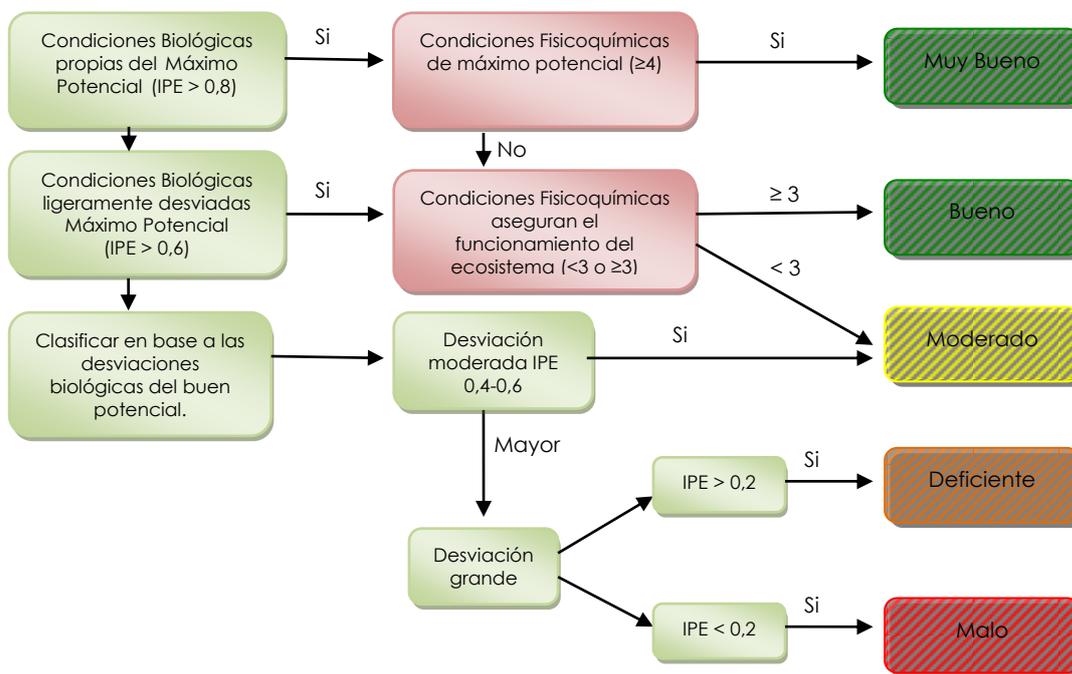


Figura 76. Propuesta de esquema de toma de decisiones para catalogar el potencial ecológico de una masa de agua artificial o muy modificada.

7.6.2. Aplicación del método propuesto

La evaluación de los elementos de calidad físico-química indicados en el apartado anterior, implica la obtención de la clasificación que se muestra en la Figura 77.

El oxígeno hipolimnético clasifica la mayoría de los muestreos realizados en un estado bueno o muy bueno (95,13%) y tan solo 7 muestran un estado moderado, lo que evidencia que los problemas asociados a la anoxia en la columna de agua de los embalses no son algo habitual en la zona de estudio.

El disco de Secchi evalúa la transparencia del agua clasificando los embalses en 4 de las cinco clases posibles, no existiendo ninguna mala (que presente un DS en mínima anual de menos de 0,7m). Tan solo un embalse aparece como deficiente, 31 muestreos se clasifican como moderados (21,52 %) y el resto se presentan como buenos o muy buenos. Cabe señalar que se ha procedido a corregir aquellos datos del DS que se han podido asociar directamente con turbidez del agua debida a avenidas y a la presencia de materiales en suspensión y/o disueltos, corrigiendo el valor hasta el límite del bueno para que no penalizase el resto de parámetros

fisicoquímicos. Esta problemática se ha presentado por lo general en las épocas en las que no son habituales los muestreos, como suele ser el invierno y la corrección se ha realizado cuando era evidente que las riadas y avenidas modificaban la visibilidad en la columna de agua.

Finalmente el fósforo total, como puede apreciarse en la figura anterior, clasifica en tres de las cinco clases los embalses muestreados, siendo mayoritario el estado malo con un 40,91% de los casos. Le sigue el estado deficiente con el 27,08 % de las muestras analizadas y el moderado con un 4,86 %. Es decir, al menos el 72,9 % de las muestras no aseguran el buen funcionamiento del ecosistema y se sitúan igual o por debajo del estado moderado. Para el 27,08 % de los muestreos restantes y debido a que el límite de cuantificación de la concentración de fósforo total es de 0,02 mg/l, y los límites entre clases para este parámetro se establecen entre valores inferiores a dicha concentración y por lo tanto no sería posible asegurar si el estado corresponde al moderado, bueno o muy bueno, se ha optado por desestimar esos datos (recordemos aquí que el valor de < 20 µg/l obtenidos en estos casos, puede pertenecer a la clase: moderado (10-35 µg/l), bueno (4-10 µg/l) y muy bueno (0-4 µg/l), motivo por el cual desestimamos esos datos).

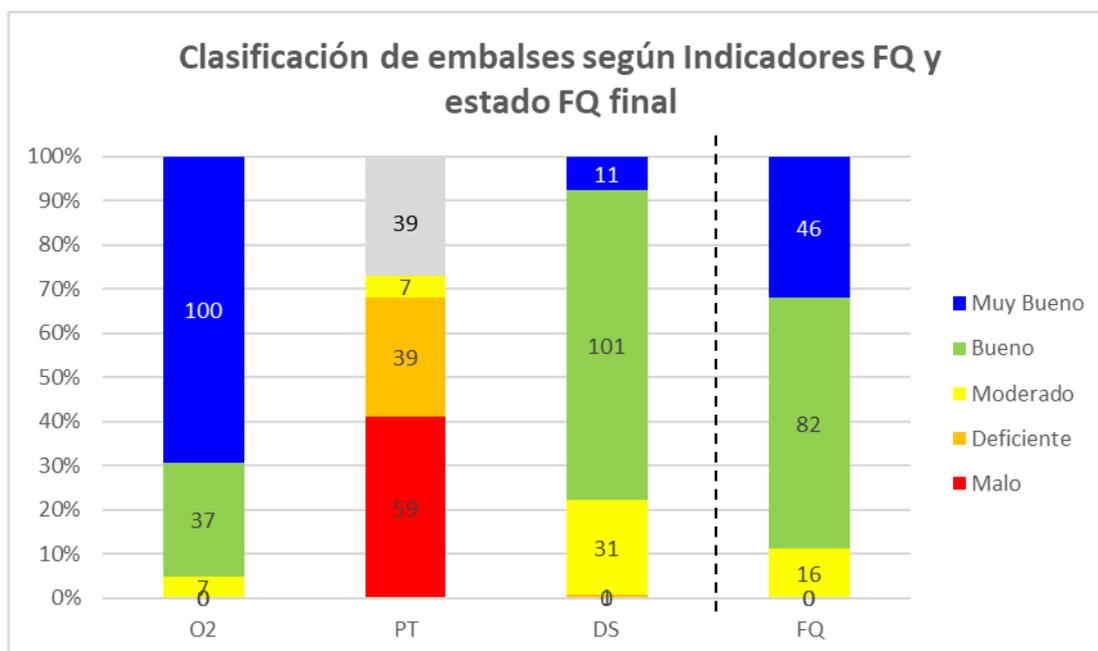


Figura 77. Evaluación de la calidad en los embalses mediante indicadores físico-químicos y representación del estado FQ final.

El resultado final indica que 16 muestreos se corresponderían con un estado moderado desde el punto de vista físico-químico. Es decir, un 11,11% de las muestras obtenidas no alcanzan el buen estado físico-químico. El 56,94 % alcanzarían el estado bueno y el 31,9 % el estado muy bueno. Los resultados numéricos se presentan en la Tabla 69.

Tabla 69. Valores de los elementos de calidad físico-químicos y estado FQ final.

	Oxígeno hipo.	Fósforo total	Disco de Secchi	Valor FQ	Estado FQ
BA_ver1	4	1	3	2,7	3
FU_ver1	5	1	4	3,3	2
GR_ver1	4	1	4	3,0	2
PI_ver1	3	1	4	2,7	3
PR_ver1	5	1	4	3,3	2
RI_ver1	3	1	4	2,7	3
SA_ver1	5	1	3	3,0	2
SO_ver1	5	1	3	3,0	2
TA_ver1	4	1	5	3,3	2
VA_ver1	5	1	4	3,3	2
VAI_ver1	4	1	4	3,0	2
VAII_ver1	4	1	5	3,3	2
BA_oto2	4	1	4	3,0	2
FU_oto2	4	1	4	3,0	2
GR_oto2	3	1	4	2,7	3
PI_oto2	4	1	4	3,0	2
PR_oto2	4	1	3	2,7	3
RI_oto2	4	1	3	2,7	3
SA_oto2	4	2	4	3,3	2
SO_oto2	4	2	4	3,3	2
TA_oto2	4	2	3	3,0	2
VA_oto2	5	1	5	3,7	2
VAI_oto2	4	2	4	3,3	2
VAII_oto2	4	2	3	3,0	2
BA_inv3	5		3	4,0	1
FU_inv3	5	2	3	3,3	2
GR_inv3	5	2	2	3,0	2
PI_inv3	5	1	4	3,3	2
PR_inv3	5	2	3	3,3	2
RI_inv3	5	2	3	3,3	2
SA_inv3	5	2	4	3,7	2
SO_inv3	5	1	4	3,3	2
TA_inv3	5	2	4	3,7	2
VA_inv3	5	1	3	3,0	2
VAI_inv3	5	2	4	3,7	2
VAII_inv3	5	2	4	3,7	2

	Oxígeno hipo.	Fósforo total	Disco de Secchi	Valor FQ	Estado FQ
BA_pri4	5	2	3	3,3	2
FU_pri4	5	1	3	3,0	2
GR_pri4	4	1	3	2,7	3
PI_pri4	5	2	5	4,0	1
PR_pri4	5	1	3	3,0	2
RI_pri4	5	1	4	3,3	2
SA_pri4	5	1	4	3,3	2
SO_pri4	5	1	4	3,3	2
TA_pri4	4	2	4	3,3	2
VA_pri4	5	2	4	3,7	2
VAI_pri4	5	1	4	3,3	2
VAII_pri4	5	1	4	3,3	2
BA_ver5	4	2	4	3,3	2
FU_ver5	4	2	4	3,3	2
GR_ver5	4	1	5	3,3	2
PI_ver5	5	1	4	3,3	2
PR_ver5	3	1	3	2,3	3
RI_ver5	3	2	4	3,0	2
SA_ver5	5	1	4	3,3	2
SO_ver5	5	2	4	3,7	2
TA_ver5	4	2	4	3,3	2
VA_ver5	4	2	3	3,0	2
VAI_ver5	5	1	4	3,3	2
VAII_ver5	5	2	5	4,0	1
FU_oto6	5	1	4	3,3	2
PR_oto6	4	1	3	2,7	3
VA_oto6	4	1	4	3,0	2
PI_oto6	4	1	3	2,7	3
RI_oto6	3	1	3	2,3	3
SA_oto6	5	1	4	3,3	2
SO_oto6	5	1	4	3,3	2
VAI_oto6	5	2	4	3,7	2
VAII_oto6	4	1	4	3,0	2
TA_oto6	4	1	3	2,7	3
BA_oto6	4	1	3	2,7	3
GR_oto6	3	1	4	2,7	3
BA_inv7	5	2	4	3,7	2
FU_inv7	5	2	4	3,7	2
GR_inv7	5	2	4	3,7	2
PI_inv7	5	1	4	3,3	2
PR_inv7	5	1	4	3,3	2
RI_inv7	5	3	4	4,0	1
SA_inv7	5	3	4	4,0	1
SO_inv7	5	2	4	3,7	2
TA_inv7	5	3	4	4,0	1
VA_inv7	5	1	4	3,3	2
VAI_inv7	5	2	4	3,7	2
VAII_inv7	5	2	4	3,7	2

	Oxígeno hipo.	Fósforo total	Disco de Secchi	Valor FQ	Estado FQ
BA_pri8	4	1	3	2,7	3
FU_pri8	5	1	4	3,3	2
GR_pri8	5	1	4	3,3	2
PI_pri8	5	1	3	3,0	2
PR_pri8	5	1	3	3,0	2
RI_pri8	5	1	4	3,3	2
SA_pri8	5	1	4	3,3	2
SO_pri8	5	1	4	3,3	2
TA_pri8	5	1	4	3,3	2
VA_pri8	5	1	3	3,0	2
VAI_pri8	5	1	4	3,3	2
VAII_pri8	5	1	5	3,7	2
BA_ver9	4		3	3,5	2
FU_ver9	5	2	4	3,7	2
GR_ver9	5		4	4,5	1
PI_ver9	5	3	4	4,0	1
PR_ver9	4	1	3	2,7	3
RI_ver9	4		4	4,0	1
SA_ver9	5		4	4,5	1
SO_ver9	5		4	4,5	1
TA_ver9	5		5	5,0	1
VA_ver9	5		4	4,5	1
VAI_ver9	5		4	4,5	1
VAII_ver9	5		5	5,0	1
FU_oto10	5	2	4	3,7	2
PR_oto10	5	2	4	3,7	2
VA_oto10	5		4	4,5	1
PI_oto10	5	3	5	4,3	1
RI_oto10	5		4	4,5	1
SA_oto10	5		4	4,5	1
SO_oto10	5		4	4,5	1
VAI_oto10	5		4	4,5	1
VAII_oto10	5		4	4,5	1
TA_oto10	5		4	4,5	1
BA_oto10	5		3	4,0	1
GR_oto10	4		5	4,5	1
BA_inv11	5		4	4,5	1
FU_inv11	5		4	4,5	1
GR_inv11	5		3	4,0	1
PI_inv11	5	3	5	4,3	1
PR_inv11	5		4	4,5	1
RI_inv11	5		4	4,5	1
SA_inv11	5		4	4,5	1
SO_inv11	5		4	4,5	1
TA_inv11	5		4	4,5	1
VA_inv11	5		4	4,5	1
VAI_inv11	5		4	4,5	1
VAII_inv11	5		4	4,5	1

	Oxígeno hipo.	Fósforo total	Disco de Secchi	Valor FQ	Estado FQ
BA_pri12	5		4	4,5	1
FU_pri12	4	2	4	3,3	2
GR_pri12	5		4	4,5	1
PI_pri12	4	3	4	3,7	2
PR_pri12	5	2	4	3,7	2
RI_pri12	5		4	4,5	1
SA_pri12	5		4	4,5	1
SO_pri12	5		4	4,5	1
TA_pri12	5		5	5,0	1
VA_pri12	5		4	4,5	1
VAI_pri12	5		4	4,5	1
VAII_pri12	5		5	5,0	1

Tras la obtención del valor de la condición físico-química final, se aplicará el esquema de toma de decisiones elaborado en el apartado 7.6.1, obteniendo la clasificación que se representa en la Figura 78 y en la Tabla 70.

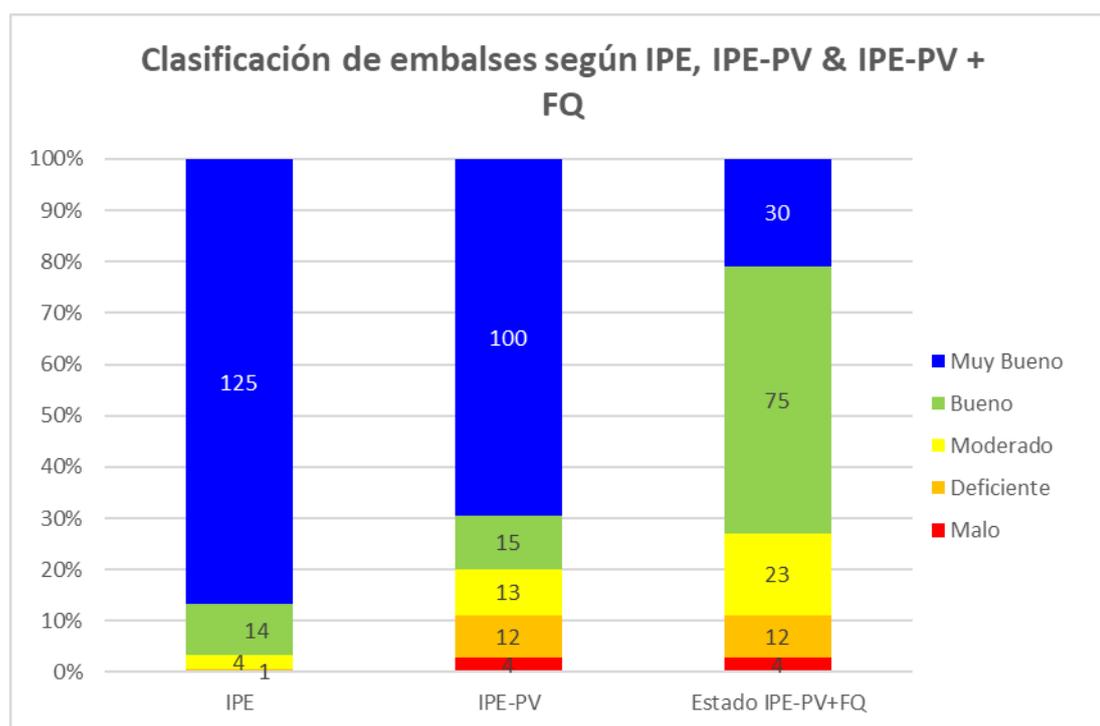


Figura 78. Clasificación final de los embalses mediante la corrección con elementos de calidad físico-químicos (Estado IPE-PV+FQ), frente al IPE e IPE-PV.

El resultado final de la clasificación de los embalses muestra un gráfico en el que aparecen representadas las cinco clases de calidad posibles.

Tabla 70. Resultados del IPE-PV corregido con FQ.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	0,951 ↓	0,975 ↓	0,978 ↓	0,978 ↓	1,00 ↓	0,979 ↓	1,00 ↓	0,532	1,00 ↓	0,531	0,683	0,961 ↓
	Bue.	Mod.	Bue.	Mod.	Bue.	Bue.						
PRIAÑES	0,978 ↓	0,982 ↓	0,978 ↓	0,975 ↓	1,00 ↓	0,978 ↓	1,00 ↓	0,997 ↓	1,00 ↓	0,826 ↓	0,864	1,00 ↓
	Bue.	Mod.	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Bue.	Bue.	Mod.	Bue.	Max.	Bue.
VALDEMURIO	0,409	0,978 ↓	0,978 ↓	0,977 ↓	0,652	0,975 ↓	0,846	1,00 ↓	1,00	0,993	0,962	0,651
	Mod.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Bue.
PILOTUERTO	0,967 ↓	0,967 ↓	0,967 ↓	0,967	0,989 ↓	0,969 ↓	0,764	0,883 ↓	0,925	0,971	0,981	0,973 ↓
	Mod.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Mod.	Bue.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Bue.
LA BARCA	0,012	0,825 ↓	0,967	0,464	0,370	0,298	0,241	0,306	0,222	0,230	0,986	0,441
	Malo	Bue.	Max.	Mod.	Def.	Def.	Def.	Def.	Def.	Def.	Max.	Mod.
RIOSECO	0,975 ↓	0,976 ↓	0,978 ↓	0,966 ↓	0,610	0,768 ↓	0,830	0,655	0,615	0,461	1,000	0,420
	Mod.	Mod.	Bue.	Bue.	Bue.	Mod.	Max.	Bue.	Bue.	Mod.	Max.	Mod.
TANES	0,821 ↓	0,968 ↓	0,978 ↓	0,672 ↓	0,593	0,973 ↓	0,906	0,506	0,794	0,20	0,828	0,864
	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Max.	Mod.	Bue.	Def.	Max.	Mod.
SALIENCIA	0,933 ↓	0,978 ↓	0,978 ↓	0,978 ↓	1,000 ↓	0,978 ↓	0,942	0,967 ↓	1,000	1,000	0,709	0,998
	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Bue.	Max.
SOMIEDO	0,933 ↓	0,978 ↓	0,978 ↓	0,267	1,000 ↓	0,978 ↓	1,000 ↓	0,736	1,000	1,000	0,896	0,798
	Bue.	Bue.	Bue.	Def.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Bue.
VALLE I	0,977 ↓	0,982 ↓	0,977 ↓	0,931 ↓	0,139	0,978 ↓	0,900 ↓	0,932 ↓	0,883	0,999	0,824	0,959
	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Malo	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.
VALLE II	1,000 ↓	0,890 ↓	0,978 ↓	0,977 ↓	1,000	0,856 ↓	0,907 ↓	0,604	1,000	1,000	1,000	1,000
	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.
SALIME	0,523	0,326	0,947 ↓	0,104	0,905 ↓	0,678	0,517	0,156	0,320	0,544	0,337	0,293
	Mod.	Def.	Bue.	Malo	Bue.	Bue.	Mod.	Malo	Def.	Mod.	Def.	Def.

Max. Máximo, Bue. Bueno, Mod. Moderado, Def. Deficiente.

En relación con los resultados del IPE-PV corregido con FQ, podemos observar como las clases correspondientes al malo y deficiente no varían, mientras que el resto de clases se reclasifican para terminar incrementando en 10 muestreos el estado moderado, en 60 el estado bueno y reduciendo el estado muy bueno en 70 muestreos. El estado final corregido indica un 72,9% de embalses en estado bueno o muy bueno frente al 79,8% que presentaba el IPE-PV. Es decir, casi un 7% de los muestreos pasan de buenos o muy buenos a ser moderados. En la Tabla 70 (ver también Anexo III) se han representado en negrita y con una flecha (↓), todos los estados que se han visto modificados.

Como puede apreciarse, de los 10 nuevos estados moderados que aparecen, 4 de ellos se producen en el embalse de Priañes, 2 en Pilotuerto, 3 en Rioseco y 1 en Tanes. Todos estos muestreos se corresponden con campañas estivales y otoñales.

En los casos de Tanes y Rioseco, la aparición de estos estados moderados no es algo que no hubiese detectado ya el IPE-PV a lo largo de todo el periodo muestreado, pero para los casos de Priañes y Pilotuerto estos estados moderados no habían sido detectados. Llama la atención además, en el caso de Priañes, como las condiciones físico-químicas han corregido el estado del IPE-PV en todas las campañas de muestreo realizadas (salvo en el invierno de 2017), aspecto que sin duda es debido a las malas condiciones que presenta por lo general la visibilidad del disco de Secchi y sobre todo a las altas concentraciones de fósforo total.

La siguiente pregunta que puede plantearse es si estos nuevos resultados mejoran el nivel de correlación del IPE-PV con el ET, para lo cual se han repetido nuevamente los análisis de correlaciones para n=144 y n=32 (solo veranos). Los resultados se representan en la Tabla 71.

Tabla 71. *Correlación entre el Estado IPE-PV y el ET y el Estado IPE-PV-FQ con el ET para todos los muestreos y para los muestreos estivales.*

Parámetro o índice		p	Coefficiente de Correlación (ET)
N=144	Estado IPE-PV	-0,47505	1,79E-09
	Estado Final IPE-PV-FQ	-0,66155	1,78E-19
N= 32 verano	Estado IPE-PV	-0,61025	7,76E-05
	Estado Final IPE-PV-FQ	-0,8091	2,34E-09

Como se puede apreciar, la corrección del estado final del IPE-PV con los parámetros físico-químicos, incrementa en E-10 el coeficiente de correlación con el Estado Tráfico al considerar todos los muestreos; y en un orden de magnitud de E-04 cuando se considera el verano, por lo que la corrección aplicada mejora notablemente las correlaciones obtenidas mediante el IPE-PV.

Por otra parte, en relación a las correlaciones que presenta el nuevo estado final del IPE-PV corregido con los elementos físico-químicos frente al ET, en la Tabla 72 podemos ver como se incrementan las correlaciones con los RCE_n correspondientes al IGA; % de cianobacterias (aunque sigue sin ser significativo) y biovolumen. Se reduce la correlación entre el RCE_n correspondiente a la clorofila a (que sigue siendo muy alta, solo por debajo del biovolumen) y sigue manteniendo buenos niveles de correlación con los elementos físico-químicos, incrementando la correlación con el Estado FQ, como cabría esperar.

Tabla 72. Correlación entre los indicadores del IPE, disco de Secchi, fósforo total, densidad, oxígeno hipolimnético y Estado FQ con el ET y el Estado Final IPE-PV-FQ.

Parámetro o índice	p	Coefficiente de Correlación (ET)	p	Coefficiente de Correlación (Estado Final IPE-PV-FQ)
IGA	-0,28727	4,81E-04	0,43358	5,68E-08
RCE_IGA_n	0,28045	6,62E-04	-0,45091	1,42E-08
% cianobacterias	-0,040844	6,27E-01	0,096027	2,52E-01
RCE_ciano_n	0,041502	0,62138	-0,092982	0,26766
Biovol	-0,33823	3,38E-05	0,27612	0,00080815
RCE_Biovol_n	0,43263	6,1185E-08	-0,50188	1,47E-10
Cla	-0,77035	1,53E-29	0,54281	2,09E-12
RCE_Cla_n	0,6599	2,35E-19	-0,47419	1,93E-09
DS	0,40498	4,7835E-07	-0,23457	0,0046567
P total	-0,39206	3,53E-05	0,34124	0,00036749
Densidad	-0,47779	1,3979E-09	0,36737	5,91E-06
Estado FQ	-0,50079	1,6361E-10	0,56702	1,2734E-13
Oxígeno Hipo	0,32133	8,6E-05	-0,3761	3,3915E-06

Por lo tanto, la propuesta de corrección del IPE-PV mediante los elementos de calidad físico-químicos correspondientes con el disco de Secchi, el fósforo total y el oxígeno hipolimnético, implica una mejora significativa en el nivel de correlación que existe entre el índice de potencial ecológico de los embalses propuesto (IPE-PV) y los estados tróficos que presentan.

8. CONCLUSIONES

Del presente estudio se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los **parámetros biológicos** basados en el fitoplancton como la clorofila a, el biovolumen, la densidad celular o el índice de grupos algales (IGA), **muestran una elevada variabilidad temporal**, que impide la detección de patrones estacionales y/o interanuales en la comunidad fitoplanctónica.
- La **composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica** ha demostrado ser también **muy variable**. En particular, se caracteriza por una elevada variabilidad estacional e interanual, que **se manifiesta como sustitución (o turnover) de unos taxones por otros de una época a otra**.
- La **elevada variabilidad estacional** y la ausencia de patrones de variación identificables **impiden extrapolar datos de unas épocas a otras**, lo que hace necesarios los muestreos estacionales para establecer el estado básico de tipo dinámico establecido en el RD 2090/2008, que desarrolla la Ley 26/2007.
- La **variabilidad** que presenta la comunidad fitoplanctónica considerando los **grupos algales del IGA** se ve ligeramente reducida, pero **sigue siendo muy alta**, lo que dificulta igualmente el manejo de la comunidad.
- **El muestreo cuantitativo**, que implica un nivel de recursos y esfuerzo mucho mayor que el cualitativo, **no reporta ventajas**, por lo que se abre la posibilidad de explorar otras vías como pueden ser las técnicas de DNA metabarcoding.
- Los **valores de potencial ecológico muestran una notable homogeneidad** en comparación con otros indicadores tradicionales del estado trófico, lo que denota poca capacidad de discriminación entre clases de calidad.

- El análisis crítico del rendimiento del **índice de Potencial Ecológico (IPE)** concluye que **no es lo suficientemente sensible a los procesos de eutrofia** y que **la falta de sensibilidad obedece principalmente al mecanismo empleado para obtener el valor**, más que a la ineficacia de las variables en las que se basa.
- **Se proponen mejoras en el cálculo del IPE** dentro de las especificaciones de la Directiva Marco del Agua y fieles a la tradición limnológica. **El resultado es un índice más sensible a los procesos de eutrofia.**

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abonyi A., Horváth Z. & Ptacnik R. (2017). Functional richness outperforms taxonomic richness in predicting ecosystem functioning in natural phytoplankton communities. *Freshwater Biol.* 2018;63:178–186.
- ACA Agencia Catalana del Agua (2003). *Desenvolupament d'un índex integral de qualitat ecològica i regionalització ambiental dels sistemes lacustres de catalunya*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- ACA Agencia Catalana del Agua (2006). *ECOEM: Protocolo de evaluación del potencial ecológico de los embalses*. Agència Catalana de l'Aigua. D.L: B-21885-2006
- AEFA Asociación Española de Fitosociología (1994). *Itinera geobotánica, volumen 8. El paisaje vegetal de Asturias. Guía de la excursión. IX Excursión Internacional de Fitosociología. La vegetación de Asturias*. Asociación Española de Fitosociología.
- Alba-Tercedor J., Jáimez-Cuellar P., Álvarez M., Avilés J. Bonada N., Casas J., Mellado A., Ortega M., Pardo I., Prat N, Rieradevall M., Robles S., Sáinz-Cantero C.E., Sánchez-Ortega A. Suárez M.L., Toro M., Cidal-Abarca M.R., Vivas S. & Zamora-Muñoz (2004). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica* 21 (3-4): 175-185
- Almeida-Neto M., Frensel DMB. & Ulrich W. (2011). Rethinking the relationship between nestedness and beta diversity: a comment on Baselga (2010). *Global Ecology and Biogeography*, 21, 772–777.
- Almeida VLS., Melão MG. & Moura AN. (2012). Plankton diversity and limnological characterization in two shallow tropical urban reservoirs of Pernambuco State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 84(2): 537-550.
- Angeler DG., Allen CR. & Johnson RK. (2012). Insight on invasions and resilience derived from spatiotemporal discontinuities of biomass at local and regional scales. *Ecology and Society*, 17, 32.
- Angeler DG. (2013). Revealing a conservation challenge through partitioned long-term beta diversity: Increasing turnover and decreasing nestedness of boreal lake metacommunities. *Diversity and Distributions*. 19. 772-781. 10.2307/23479798.
- Angeler DG. & Drakare S. (2013) Tracing alpha, beta and gamma diversity responses to environmental change in boreal lakes. *Oecologia*, in press, doi: 10.1007/s00442-0122554-y.

- Anneville O., Souissi S., Fammeter S. & Straile D. (2004) Seasonal and inter-annual scales of variability in phytoplankton assemblages: comparison of phytoplankton dynamics in three peri-alpine lakes over a period of 28 years. *Freshwater Biology* 49 1 pp.98-115
- Ariyadej C., Tansakul, R., Tansakul, P. & Angsupanich, S. (2004) Phytoplankton diversity and its relationships to the physico-chemical environment in the Banglang Reservoir, Yala Province Songklanakarin J. Sci. Technol, 26(5) : 595-607
- Banerji A., Bagley M., Elk M., Pilgrim E., Martinson J. & Santo Domingo J. (2018). Spatial and temporal dynamics of a freshwater eukaryotic plankton community revealed via 18S rRNA gene metabarcoding. *Hydrobiology* 818:71-86
- Baselga A. (2010). Multiplicative partitioning of true diversity yields independent alpha and beta components, additive partitioning does not. *Ecology*, 91, 1974-1981.
- Becker V., Caputo L., Ordóñez J., Marcé R., Armengol J., Crossetti L.O. & Huszar V.L.M. (2010). Driving factors of the phytoplankton functional groups in a deep mediterranean reservoir. *Water Research* 44. 3345-3354
- Beisner BE. (2001). Phytoplankton community structure in fluctuating environments and the role of productivity. – *Oikos* 95: 496-510.
- Beisner BE., Peres-Neto PR., Lindström ES., Barnett A. & Longhi ML. (2006) The role of environmental and spatial processes in structuring lake communities from bacteria to fish. *Ecology*, 87(12), pp. 2985-2991
- Borics G., Tóthmérész B., Lukács BA. & Várbíró G. (2012) Functional groups of phytoplankton shaping diversity of shallow lake ecosystems. *Hydrobiologia*. doi 10.1007/s10750-012-1129-6
- Boyer JN., Kelble CR., Ortner PB. & Rudnick DT. (2009). Phytoplankton bloom status: Chlorophyll a biomass as an indicator of water quality condition in the southern estuaries of Florida, USA. *Ecological indicators*, 9(6), 56-67.
- Bresciani M., Cogliati S., Rossini M., Morabito G., Matta E., Pinardi M., Julitta T., Colombo R., Braga F. & Giardino C. (2013). Analysis of within- and between-day chlorophyll-a dynamics in Mantua Superior Lake, with a continuous spectroradiometric measurement. *Marine and Freshwater Research* 64, 303-316
- Burford MA. & O'donohue MJ. (2006). A comparison of phytoplankton community assemblages in artificially and naturally mixed subtropical water reservoirs *Freshwater Biology* 51, 973-982
- Calijuri MC., Dos Santos ACA., Jati S., (2002). Temporal Changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, S.P.-Brazil). *Journal of Plankton Research* 24, 7 p. 617-634
- Carlson R. (1977). *A trophic state index for lakes*. Limnological Researcher Centre, University of Minnesota, Minneapolis.

- Carpenter S. R., Cole J. J., Kitchell J.F. & Pace M.L. (1998). Impact of dissolved organic carbon, phosphorus, and grazing on phytoplankton biomass and production in experimental lakes. *Limnology and Oceanography* 43:73–80.
- Catalan J., Ventura M., Munné A. & Godé L. (2003). Desenvolupament d'un index integral de qualitat ecologica i regionalitzacio ambiental dels sistemes lacustres de Catalunya. *Agència Catalana del Agua*.
- Chase J.M. (2010). Stochastic community assembly causes higher biodiversity in more productive environments. *Science*, 328, 1388–1391.
- CHC Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2013). *Anexo VII. Inventario de Presiones, Plan Hidrológico de Cuenca*. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental. Condeederación Hidrográfica del Cantábrico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHCocc Confederación Hidrográfica del Cantábrico (2013). *Apéndice 6.3. Métodos de muestreo y análisis de elementos de calidad físico-químicos en lagos y embalses. Plan Hidrológico de Cuenca*. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental. Condeederación Hidrográfica del Cantábrico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHCocc Confederación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (2015). *Apéndice 7.7 Resultados de la evaluación del potencial ecológico, químico y total en lagos artificiales y embalses. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental. Revisión 2015-2021*. Condeederación Hidrográfica del Cantábrico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHCocc Confederación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (2016). *Análisis de sedimentos fluviales del año 2016 en la red de control de calidad de las aguas de la CHC. Informe Inédito*. Confederación Hidrográfica del Cantábrico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHCOri Confederación Hidrográfica del Cantábrico Oriental (2015). *Memoria-Anejo VIII. Seguimiento y evaluación del estado. Plan Hidrológico. Revisión 2015-2021*. Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental. Agencia Basca del Agua. Condeederación Hidrográfica del Cantábrico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHD Confederación Hidrográfica del Duero (2015a). *Memoria del Plan Hidrológico de la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero (2015-2021)*. Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHD Confederación Hidrográfica del Duero (2015b). *Anejo 1. Designación de masas de agua artificiales y muy modificadas. Plan Hidrológico de la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero (2015-2021)*. Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

- CHD Confederación Hidrográfica del Duero (2015c). *Anejo 1. Designación de masas de agua artificiales y muy modificadas. Apéndice 1. Fichas de masas de agua artificiales y muy modificadas designadas en el plan 2009-2015. Plan Hidrológico de la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero (2015-2021)*. Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHD Confederación Hidrográfica del Duero (2019). *Informe de seguimiento del Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero, Año 2018*. Confederación Hidrográfica del Duero. Ministerio para la Transición Ecológica.
- CHE Confederación Hidrográfica del Ebro (2009). *Diseño y explotación de la red de control biológico en ríos y embalses en aplicación de la Directiva Marco del Agua en la cuenca hidrológica del Ebro. 09.834-001/0481. Informe final de embalses. Documento memoria*. UTE Red Biológica Ebro & Confederación Hidrográfica del Ebro.
- CHGC Confederación Hidrográfica de Galicia Costa (2015). *Capítulo 7. Valoración del estado das masas de auga. Plan Hidrológico – Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa. Ciclo de planificación hidrológica 2015-2021. Augas de Galicia*.
- CHMS Confederación Hidrográfica Miño-Sil (2015). *Capítulo 7. Valoración del estado de las masas de agua. Plan Hidrológico del ciclo 2015-2021 de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil*. Confederación Hidrográfica Miño-Sil. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHMS Confederación Hidrográfica Miño-Sil (2016). *Informe de desarrollo y seguimiento. Año 2016. Anexos del Informe. Plan Hidrológico del ciclo 2015-2021 de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil*. Confederación Hidrográfica Miño-Sil. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- CHMS Confederación Hidrográfica Miño-Sil (2017). *Informe de desarrollo y seguimiento. Año 2017. Plan Hidrológico del ciclo 2015-2021 de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil*. Confederación Hidrográfica Miño-Sil. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Chorus I. & Bertram J. (1999) *Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management*. E & FN Spon on behalf of the World Health Organization.
- Cirés-Gómez S., Quesada de Corral A. (2011). *Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Dakos V., Benincà E., Nes E., Philippart C., Scheffer M. & Huisman J. (2009). *Interannual variability in species composition explained as seasonally entrained chaos*. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*. 276. 2871-80.
- Dawes C.J. (1981). *Marine Botany*. John Wiley & Sons. E.U.A, 628 pp.

- DGA Dirección General del Agua (2010). *Gestión de Embalses. Buenas prácticas ambientales en la gestión de embalses*, 15-17.
- Edler L. & Elbrächter M. (2010). The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis*, 110.
- Estrada M. (1976). Modelos empleados en la interpretación de la heterogeneidad del fitoplancton. *Oecologia aquatica*, 2: 3-13
- Evans C.D., Monteith D.T. & Cooper D.M. (2005). Longterm increases in surface water dissolved organic carbon: observations, possible causes and environmental impacts. *Environmental Pollution*, 137, 55–71.
- Falkowski P., Kiefer DA. (1985). Chlorophyll a fluorescence in phytoplankton: relationship to photosynthesis and biomass. *Journal of Plankton Research*. 7: 715-731.
- Felicísimo-Pérez A.M. (1980). *Introducción al clima de Asturias: régimen pluviotérmico. Tesis de Licenciatura (inédita)*. Facultad de Biología, Universidad de Oviedo.
- Felicísimo Pérez A.M. (1990). *El clima de Asturias*. Enciclopedia temática de Asturias, 10 (fasc. 200-202): 179-208. Silverio Cañada Ed. Gijón.
- Fernández-Prieto J.A. & Vazquez V.M. (1987). *Datos sobre los bosques asturianos orocanábricos occidentales*. Lazaroa.
- Filstrup CT, Hillebrand H, Heathcote AJ, Harpole WS, Downing JA. (2014). Cyanobacteria dominance influences resource use efficiency and community turnover in phytoplankton and zooplankton communities. *Ecol Lett*;17:464–74.
- FUAM. Fundación de la Universidad Autónoma de Madrid (2013). *Evaluación del biovolumen fitoplanctónico en lagos y humedales interiores de la comunidad Autónoma del País Vasco y determinación de las condiciones de referencia*. FUAM.
- Grabowska M., Górnica A. & Krawczuk M. (2013). Summer phytoplankton in selected lakes of the East Suwalki Lakeland in relation to the chemical water parameters. *Limnological Review* 13, 1:21-29
- Gregor J., Maršálek B. (2004). Freshwater phytoplankton quantification by chlorophyll a: a comparative study of in vitro, in vivo and in situ methods. *Water Research* 38(3): 517-522.
- Harding L.W. (1994). Long-term trends in the distribution of phytoplankton in Chesapeake Bay: roles of light, nutrients and streamflow. *Marine Ecology-Progress Series* 104: 267-267.
- Havel J.E. & Pattinson K.R. (2004). Spatial distribution and seasonal dynamics of plankton in a terminal multiple-series reservoir. *Lake and Reserv. Manage.* 20(1):14-26

- HC Energía (2011). *Salto de Agua de Somiedo. Memoria Descriptiva año 1918*. HC Energía
- Hillebrand H., Durselen C.D.D., Kirschtel U., Pollinger & Zohary T. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.*, 35: 403-424
- Hortal J., Diniz-Filho J.A., Bini L., Rodriguez, M.A., Baselga, A., Nogués-Bravo D., Rangel T.F., Hawkins B.A. & Lobo J.M. (2011). Ice age climate, evolutionary constraints and diversity patterns of European dung beetles. *Ecology Letters*, 14, 741–748.
- Honti M., Istvánovics V. & Osztóics A. (2007). Stability and change of phytoplankton communities in a highly dynamic environment – the case of large, shallow Lake Balaton (Hungary). *Hydrobiologia* 581:225-240
- Jackson T.A., & Hecky R.E. (1980). Depression of primary productivity by humic matter in lake and reservoir waters of the boreal forest zone. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37:2300–2317.
- Jovanović J., Trbojević I., Simić GS., Popović S., Predojević D., Blagojević A. & Karadžić V. (2017). The effect of meteorological and chemical parameters on summer phytoplankton assemblages in an urban recreational lake. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 418, 48.
- John R., Beaver JR., Casamatta DA., East TL., Havens KE., Rodusky AJ., James RT., Tausz CE. & Buccier KM. (2013). Extreme weather events influence the phytoplankton community structure in a large lowland subtropical lake (Lake Okeechobee, Florida, USA) *Hydrobiology* 709:213–226
- Kerstin H. & Tore L. (2012). Phytoplankton dynamics in a shallow lake dominated by common water milfoil, *Inland Waters*, 2:3, 137-146
- León N., Rivera CA., Zapata A., Jiménez J., Villamil W., Arenas G., Ricón C. & Sánchez T. (2012) Factors controlling phytoplankton in tropical high-mountain drinking-water reservoirs. *Limnetica*, 31 (2): 305-322
- Leprieur F., Tedesco P.A., Hugueny B., Beauchard O., Dürr, H.H., Brosse S. & Oberdorff T. (2011). Partitioning global patterns of freshwater fish beta diversity reveals contrasting signatures of past climate changes. *Ecology Letters*, 14, 325–334.
- Lindenschmidt K.E. & Chorus I. (1998) The effect of water column mixing on phytoplankton succession, diversity and similarity. *Journal of Plankton Research*, 20, 1927–1951.
- Liu L., Yang J., Lv H., Yu X., Wilkinson D.M. & Yang J. (2015). Phytoplankton Communities Exhibit a Stronger Response to Environmental Changes than Bacterioplankton in Three Subtropical Reservoirs. *Environmental Science & Technology*. ISSN 1520-5851

- Longphuir S.N., McDermott G., O'Boyle S., Wilkes R. & Stengel D.B. (2019). Decoupling abundance and biomass of phytoplankton communities under different environmental controls: A New Multi-Metric Index. *Frontiers in Marine Science* 6, 312.
- Lopes V.G., Castelo-Branco C.W., Kozłowski-Suzuki B., Sousa-Filho I.F., Souza L.C.E., Bini L.M. (2017). Predicting temporal variation in zooplankton beta diversity is challenging. *PLoS ONE* 12(11): e0187499
- Maloufi S., Catherine A., Mouillot D., Louvard C., Couté A., Bernard C. & Troussellier M. (2016). Environmental heterogeneity among lakes promotes hyper b-diversity across phytoplankton communities. *Freshwater Biology* doi: 10.1111/fwb.12731
- Margalef R. (1974). *Ecología*. Omega, Barcelona, 951 páginas.
- Margalef R., Planas D., Armengol J., Vidal A., Prat N., Guiset A., Toja J. & Estrada M. (1976). *Limnología de los embalses españoles*. Serv. Publ. Direc. Gral. Obras Hidráulicas. M.O.P. Madrid. 422 pp.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Ed. Omega, Barcelona.
- Marinho M.M. & Huszar V.L.M. (2002). Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). *Arch. Hydrobiol.* 153, 443e468
- MAGRAMA Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013a). Organismos fitoplanctónicos en lagos y embalses. Protocolo de análisis y cálculo de métricas de fitoplancton en lagos y embalses. MFIT-2013. 28 pp.
- MAGRAMA Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013b). Protocolo de muestreo de fitoplancton en lagos y embalses. M-LE-FP-2013. 18 pp.
- MITECO Ministerio para la Transición Ecológica (2013). *Protocolos*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/Protocolos-de-muestro-laboratorio-y-calculo-de-indices.aspx> (Accedido: 14 de octubre de 2019).
- Monteith D.T., Stoddard J.L., Evans C.D., De Wit H.A., Forsius M., Høg_asen T., Wilander, A., Skjelkv_ale, B.L., Jeffries,D.S., Vuorenmaa, J., Keller, B., Kopacek, J. & Vesely, J. (2007) Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. *Nature*, 450, 537–541.
- Moss B. (1998). *Ecology of fresh waters: man and medium, past to future*, 3rd ed., London: Blackwell Science

- Moss B., Stephen D., Alvarez C., Becares E., Van de Bund W., Collings SE., Van Donk E., De Eyto E., Feldmann T., Fernandez-Alaez C., Fernandez-Alaez M., Franken RJM., Garcia-Criado F., Gross EM., Gyllström M., Hansson LA., Irvine K., Järvalt A., Jensen JP., Jeppesen E., Kairesalo T., Kornijow R., Krause T., Kunnap H., Laas A., Lille E., Lorens B., Luup H., Miracle MR., Noges P., Noges T., Nykänen M., Ott I., Peczula W., Peeters ETHM., Phillips G., Romo S., Russell V., Salujoe J., Scheffer M., Siewertsen K., Smal H., Tesch C., Timm H., Tuvikene L., Tonno I., Virro T., Vicente E. & Wilson D. (2003). The determination of ecological status in shallow lakes: a tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 13: 507-549.
- Nabout J.C., Siqueira T., Bini L.M. & Nogueira I.S. (2009). No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. *Acta Oecologica*, Volume 35, Issue 5, p. 720-726
- Naselli-Flores L. (2000) Phytoplankton assemblages in twenty-one Sicilian reservoirs: relationships between species composition and environmental factors. *Hydrobiology* 424: 1-11
- OECD (1982) *Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control*, organization for economic co-operation and development, Paris. 154 pp.
- Padisak J. (2003) Phytoplankton. *The Lakes Handbook vol. 1 Limnology and Limnetic Ecology* (O'Sullivan y Reynolds eds.) Blackwell Science. Oxford
- Padisak J., Crossetti LO. & Naselli-Flores L. (2009). Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiology* 621: 1-19.
- Pandiammal J., Bashini M. & Senthilkumar P. (2017) Diversity and Seasonal Fluctuations of Phytoplankton in Temple Pond at Thiruvottiyur, Chennai, South India. *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*. Vol 6, Issue 1.
- Premazzi G. & Chiaduanni G. (1992). Ecological quality of surface water. *Comision of the European Communities*, 124pp
- Ramirez-R. JJ., Bicudo C.E., Roldán-P G. & García-L L.C. (1999). Temporal and vertical variations in phytoplankton community setructure and its relation to some morphometric parameters of four colombian reservoirs. *Caldasia* 22(1): 108-126
- Rast W. & Thornton J. A. (2003). The phosphorus loading concept and the OECD eutrophication programme: origin, application and capabilities. In O'Sullivan, P. E. & C. S. Reynolds (eds), *The Lakes Handbook 2. Lake Restoration and Rehabilitation*. Blackwell Science Ltd., Oxford: 354–385.
- Reynolds CS. (1984). Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biology* 14, 111-142
- Reynolds CS. (1989). Physical determinants of phytoplankton succession. In Sommer, U. (ed.), *Plankton Ecology: Succession in Plankton Communities*. Springer Verlag, Berlin: 9–56

- Reynolds CS. (1998) What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? *Hydrobiology* 369/370: 11–26.
- Reynolds CS., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L. & Melo S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417–428.
- Reynolds CS. (2006). *The Ecology of Phytoplankton (Ecology, Biodiversity and Conservation)*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Rivas-Martínez S. (1987). Memoria del mapa de series de Vegetación de España. I.C.O.N.A.
- Rott E. (1981). Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 43(1), 34-62.
- Sánchez M., Granero J., Ferrando M., Rodríguez J., Puente A., Cordon J., Montes E. (2013). Seasonal variation of the “Basic Status” of the Nalón River, downstream of the thermal power station in Soto de Ribera (Asturias). VII Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Scheffer M. (2004). *The Ecology of Shallow Lakes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 357pp.
- Schindler DW. (1978). Factors regulating phytoplankton production and standing crop in the world's freshwaters. *Limnology and Oceanography* 23:478–486.
- Simpson GG. (1943). Mammals and the nature of continents. *American Journal of Science*, 241, 1–31
- Smayda TJ. (1978). From phytoplankton to biomass. In Sournia, A. (ed.), *Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographic Methodology* 6. UNESCO, Paris, pp. 273–279.
- Sloan WT., Lunn M., Woodcock S., Head IM., Nee S. & Curtis TP. (2006). Quantifying the roles of immigration and chance in shaping prokaryote community structure. *Environmental Microbiology*, vol. 8, p. 732-740.
- Soares C.E.A., Velho L.F.M., Lansac-Tôha F.A., Bonecker C.C., Landeiro V.L. & Bini L.M. (2015). The likely effects of river impoundment on beta-diversity of a floodplain zooplankton metacommunity. *Natureza & Conservação*, 13, 74–79.
- Sommer U. (1986). The periodicity of phytoplankton in Lake Constance (Bodensee) in comparison to other Deep lakes of central Europe. *Hydrobiology* 138: 1-7
- Sørensen T.A. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabsbernes Selskabs Biologiske Skrifter*, 5, 1–34.

- Sucker C. & Krause K. (2010). Increasing dissolved organic carbon concentrations in freshwaters: what is the actual driver? *IForest-Biogeosciences and Forestry*, 3, 106–108.
- Svenning JC., Flojgaard C. & Baselga A. (2011). Climate, history and neutrality as drivers of mammal beta diversity in Europe: insights from multiscale deconstruction. *Journal of Animal Ecology*, 80, 393–402.
- Thomas MK., Fontana S., Reyes M., Kehoe M. & Pomati F. (2018). The predictability of a lake phytoplankton community, over time-scales of hours to years. *Ecology letters* 21: 619-628
- Tian W., Zhang H. Zhao L., Zhang F. & Huang H. (2017). Phytoplankton Diversity Effects on Community Biomass and Stability along Nutrient Gradients in a Eutrophic Lake Huayong. *Internatioanl Journal of Environmental Research and Public Health*
- Toraño C. (2019) TFM. Variabilidad Intraespecífica de la Biomasa Fitoplanctónica. Repercusión sobre el Cálculo del Indicador Biovolumen y la Determinación del Índice de Potencial Ecológico. Universidad de Oviedo.
- Tundisi JG. & Matsumura-Tundisi T. (2008). *Limnologia*, São Paulo: Oficina de Textos, 631 p.
- Utermöhl H. (1931). Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Plankton. (Mit besonderer Berücksichtigung des Ultraplanktons.) Mit 4 Abbildungen im Text. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 5(2), 567-596.
- Utermöhl H. (1958). Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 9:1-38.
- Vardaka E., Moustaka-Gouni M., Cook C M. & Lanaras T. (2005). Cyanobacterial blooms and water quality in Greek waterbodies. *Journal of Applied Phycology*, 17, 391–401
- Vollenweider R. A. (1968). Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication.-DAS/CSI/68.27 *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)*
- Wallin M., Wiederholm T., Johnson RK. (2003). Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. *CIS Working Group 2.3 -REFCOND*.
- Whitton BA., Potts M. (2000). The ecology of cyanobacteria. Their diversity in time and space. *Kluwer Academic Publishers*. Países Bajos, 631 pp.
- Willen E. (2000). Phytoplankton in water quality assessment - an indicator concept. En P. Heinonen, G. Ziglio & A. Van der Beken (editores), *Hydrological and Limnological Aspects of Lake Monitoring John Wiley & Sons*. Pags: 58-80.

- Wojciechowski J., Heino J., Bini LM. & Padial AA. (2017). Temporal variation in phytoplankton beta diversity patterns and metacommunity structures across subtropical reservoirs. *Freshwater Biology*. doi.org/10.1111/fwb.12899
- Xue Y., Chen H., Yang JR., Liu M., Huang B. & Yang J. (2018). Distinct patterns and processes of abundant and rare eukaryotic plankton communities following a reservoir cyanobacterial Bloom. *The ISME Journal* 12:2263-2277
- Yang Y., Pettersson K. & Padisák J. (2016) Repetitive baselines of phytoplankton succession in an unstably stratified temperate lake (Lake Erken, Sweden): a long-term analysis. *Journal Inland Waters* V.6 p499-508

10. ANEXOS

10.1. ANEXO I – MAPAS

10.2. ANEXO II – FICHAS RESUMEN POR EMBALSE

10.3. ANEXO III – TABLAS

*El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua:
variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre
el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta
para embalses del norte de España.*

ANEXO I - MAPAS



Figura 2. Distribución de los embalses en el área de estudio.



Figura 9. Distribución de los embalses objeto de estudio y espacios protegidos.

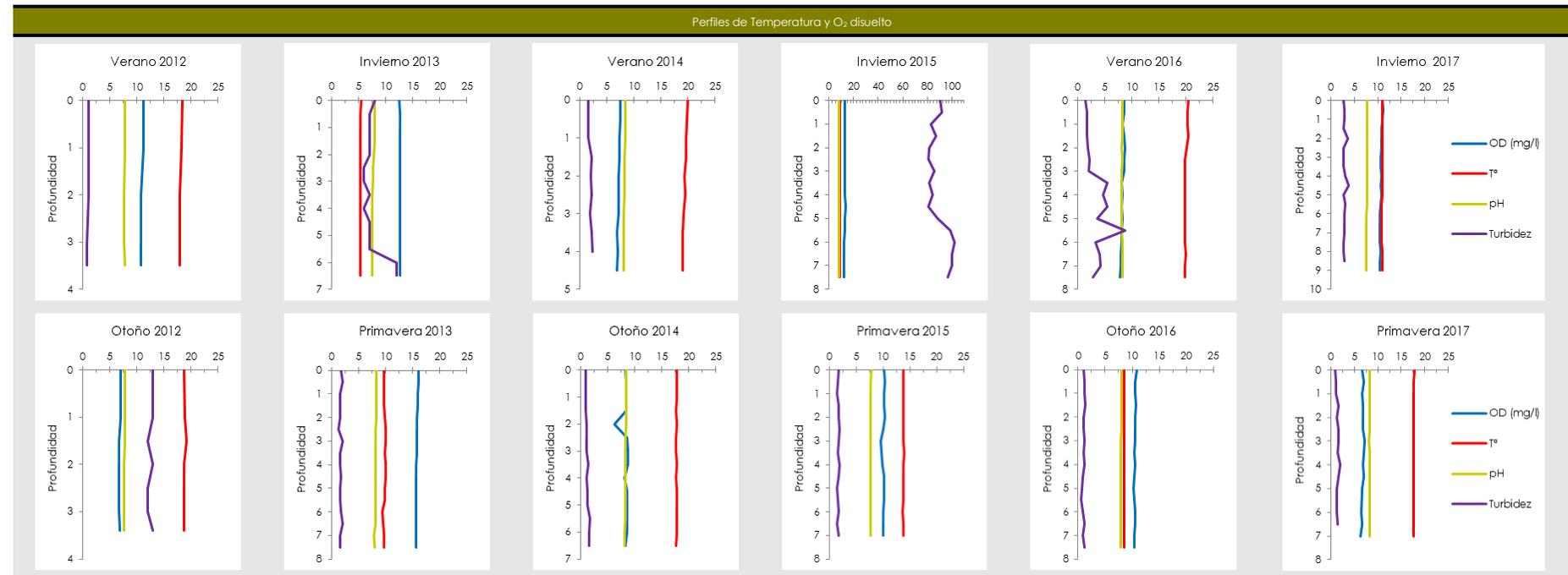
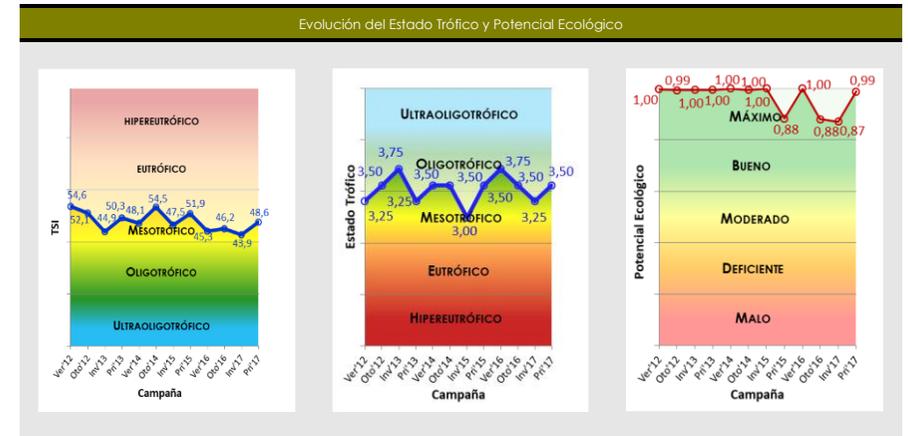
*El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua:
variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre
el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta
para embalses del norte de España.*

ANEXO II – FICHAS RESUMEN POR EMBALSE

EMBALSE DE FURACÓN



Datos generales	
Nombre	Furacón
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	9
Coordenadas UTM ETRS 89 HUGO30	X: 0.259.869 Y: 4.805.867
Altitud	80 m
Área de la cuenca	2180 km ²
Superficie	19 ha
Capacidad	0,52 hm ³
Profundidad máxima	14 m



Parámetros	Campañas		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Temperatura atmosférica (°C)	17	8	5	11	15	14,5	14	20	22	8	13	17		
Condiciones meteorológicas	Nublado	Niebla	Niebla	Niebla	Nublado	Nublado	Sol Nubes	Nublado	Nubes	Lluvia	Nuboso	Nuboso		
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual		107	84	97	53	63,5	80,9	80,9	44,9	114,7	77,7	81,8	81,8
	Mensual		166	205	129	24,1	76,7	194,3	194,3	20,5	157,4	59,33	107,2	107,2
Color de agua	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Marrón	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verde	Verde	
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor
Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Profundidad máxima (m)	3,4	3,4	5,1	8,2	5,6	7,6	9,3	7,4	7,50	8,50	6,80	7,10		
Profundidad de disco de Secchi (m)	3,4	3,4	1,6	3	3,6	3,6	3,1*	3,65	3,15	4,35	3,1*	3,5		
Zona fótica (m)	3,4	3,4	4	7,5	5,6	7,6	7,75	9,2	7,88	8,50	6,8	7,10		
Estratificación	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Profundidad de termoclina (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	160	145	135	95	150	155	90	135	160	265	125	170		
Amonio (mg/l NH ₄)	0,00	0,00	0,10	0,06	0,72	0,39	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,08		
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,034	0,042	0,017	0,016	0,030	0,048	0,01	0,014	0,01	0,02	0,01	0,02		
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,000	0,000	0,66	1,25	1,57	2,82	1,21	1,97	3,23	4,16	2,39	3,58		
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,000	0,000	0,04	0,03	0,07	0,07	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,06		
Silicatos (mg/l SiO ₂)	3,3	3,3	3,4	2,9	9	3,1	3,5	2,39	0,56	1,37	1,18	1,38		
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,38	0,14	0,04	0,1	0,08	0,23	0,05	0,4	0,06	0,05	<0,02	0,07		
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	2,4	1,8	0,9	2,8	0,8	1,3	0,35	0,72	0,73	0,94	0,54	0,75		
Clorofila a (µg/l)	1,11	2,24	0,52	1,74	1,65	2,43	2,20	0,5	0,93	2,43	2,77	2,17		
Fitoplancton	Biovolumen (mm³/l)	0,05	0,002	0,02	0,09	0,02	0,001	0,001	0,24	2,38	1,54	0,031	0,4	
	Densidad (cel/ml)	75	19	137	155	80	8	783	182	567	774	444	332	
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	30	3,4	0,6	1,2	3,4	-	-	4,4	1	13,2	4,8	6,4	
	Peso (µg/l)	0,1	1,06	0,07	0,14	0,31	-	-	1,08	0,2	3,99	2,22	3,31	
Índice de Grupos Algales	1,47	1,04	0,99	0,99	0,2	0,22	0,1	0,01	0,23	0,28	3,27	1,28		
Porcentaje de Cianobacterias (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,59	0,09	0,79		
Disco de Secchi (m) (mín. anual)	3,4	3,4	1,6	1,6	3,6	3,6	0,35	3,65	3,15	4,35	2,7	3,5		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	10,98	6,87	12,6	9,76	7,14	8,35	12,87	10,1	8,33	10,52	10,67	6,76		
Estado Químico	Bueno		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

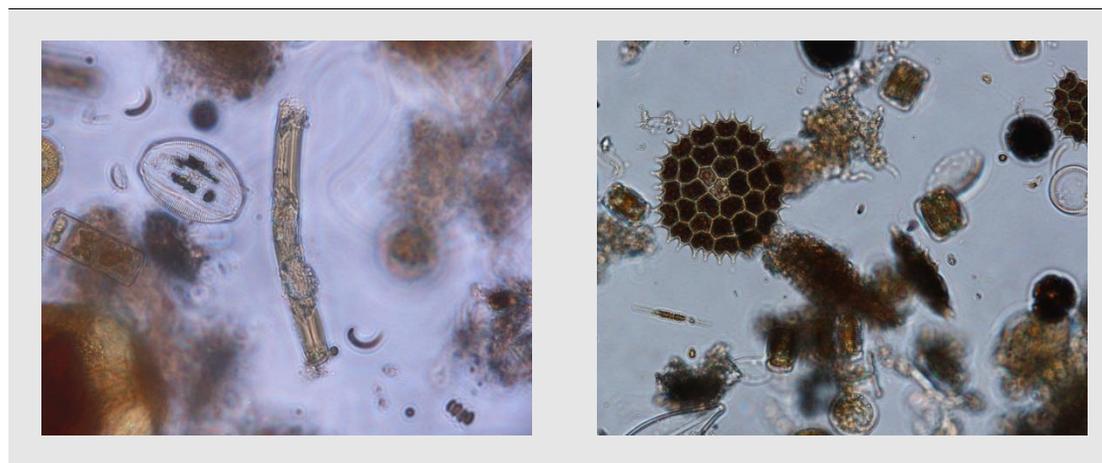
*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	89,9	75,4	57,3	70,6	67,3	82,6	60,6	90,5	62,5	60,6	47,3	65,6
TSI Clorofila A	31,6	38,5	24,2	36	35,5	39,3	38,3	23,8	29,9	39,3	40,6	38,2
TSI Disco de Secchi	42,4	42,4	53,2	44,2	41,5	41,5	43,7	41,3	43,5	3,8,8	43,7	41,9
TROPIC STATE INDEX (TSI)	54,6	52,1	44,92	50,25	48,13	54,47	47,53	51,9	45,28	46,23	43,88	48,58
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,3	3,5	3,8	3,3	3,5	3,5	3,0	3,5	3,8	3,5	3,3	3,5
	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	1,11	1	2,24	1	0,52	1	1,74	1	1,65	1	2,43	1	2,2	1	0,5	1	0,93	1	2,43	1	2,76	0,96	2,17	1
Biovolumen	0,28	1	0,05	1	0,002	1	0,02	1	0,09	1	0,14	1	0,001	1	2,38	0,532	0,24	1	2,38	0,53	1,54	0,68	0,31	1
Biomasa	1		0,988		1		1		1		1		1		0,766		1		0,77		0,82		1	
Índice de Grupos Algales (IGA)	1,47	0,998	1,047	1	0,99	0,978	0,99	0,978	0,203	1	0,228	1	0,106	1	0,016	1	0,23	1	0,28	1	3,27	0,85	1,29	0,96
Porcentaje de Cianobacterias	0	1	0,05	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0,09	0,99	0,79	0,99
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,976		0,988		0,989		0,989		1		1		1		1		1		0,99		0,92		0,98	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,988		0,994		0,995		0,995		1		0,995		1		0,883		1		0,881		0,872		0,988	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo	

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA						
2017	I: Invierno	Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Rhodomonas</i> sp#1	No aplica	15,95	0,0032	0,21		12: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum cf longipes</i> (sp#1)	No aplica	*									
				<i>Cyanofceca coccal</i> sp#2	Cia	58,47	0,0014	0,09																
		Ochrophyta	Bacillariophyceae			Total Cia		58,47	0,0014		0,09					<i>Coelastrum</i> sp#1	Chc	49,61	0,0045	1,44				
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*											<i>Pediastrum boryanum</i>	Chc	*					
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	154,15	0,1572	10,20									<i>Scenedesmus cf acuminatus</i>	Chc	*					
				<i>Licmophora</i> sp#1	Dc	*											<i>Scenedesmus cf obtusus</i>	Chc	6,64	0,0010	0,34			
				<i>Melosira</i> sp#1	Dc	6,32	0,0359	2,33									<i>Scenedesmus cf quadricauda</i>	Chc	*					
				<i>Pleurosigma</i> sp#2	Dc	*											Total Chc		56,25	0,0055	1,78			
				<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc	74,42	0,0131	0,85										<i>cf Nephrocitium</i> sp1	Chc	*				
						Total Dc		234,89	0,2062		13,38							<i>Cyanofceca coccal</i> sp#1	Cia	*				
				<i>Amphora ovalis</i>	Dnc	1,40	0,0058	0,38										<i>Cyanofceca Oscillatorial cf sp#1</i>	Cia	54,57	0,0024	0,79		
				<i>Amphora</i> sp#1	Dnc	21,26	0,0380	2,47										Total Cia		54,57	0,0024	0,79		
				<i>Amphora</i> sp#2	Dnc	53,16	0,0638	4,14										<i>Asterionella formosa</i>	Dc	39,69	0,0180	5,52		
				<i>Cocconeis pediculus</i>	Dnc	15,95	0,0419	2,72										<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	8,30	0,0066	2,15		
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	5,32	0,0017	0,11										<i>Melosira</i> sp#1	Dc	*				
				<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	15,95	0,0243	1,58										<i>Pleurosigma</i> sp#2	Dc	*				
				<i>Cymbella</i> sp#1	Dnc	*												<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc	79,38	0,0135	4,36		
				<i>Diatoma</i> sp#1	Dnc	164,78	0,7554	49,01										Total Dc		127,36	0,0382	12,32		
				<i>Diatomea</i> sp#6	Dnc	10,63	0,0102	0,66										<i>Amphora</i> sp#1	Dnc	14,88	0,0151	4,89		
				<i>Encyonema</i> sp#1	Dnc	85,05	0,0216	1,40										<i>Amphora</i> sp#2	Dnc	4,96	0,0042	1,37		
				<i>Encyonema</i> sp#2	Dnc	0,70	0,0020	0,13										<i>Encyonema</i> sp#2	Dnc	44,65	0,0674	21,76		
				<i>Fam. Naviculaceae</i> sp#1	Dnc	*												<i>Cocconeis cf placentula</i>	Dnc	9,92	0,0059	1,90		
				<i>Fam. Naviculaceae</i> sp#6	Dnc	21,26	0,0510	3,31										<i>Cocconeis cf scutellum</i>	Dnc	9,92	0,0105	3,40		
				<i>Fragilaria ulna</i>	Dnc	0,70	0,0023	0,15										<i>Cymbella</i> sp#1	Dnc	*				
				<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	42,52	0,0105	0,68										<i>Cymbella</i> sp#2	Dnc	*				
				<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	15,95	0,0071	0,46										<i>Diatoma</i> sp#1	Dnc	34,73	0,0992	32,03		
				<i>Nitzschia constricta</i>	Dnc	*												<i>Encyonema</i> sp#1	Dnc	19,84	0,0076	2,45		
				<i>Nitzschia linearis</i>	Dnc	*												<i>Fam. Naviculaceae</i> sp#2	Dnc	*				
				<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	*												<i>Fam. Naviculaceae</i> sp#6	Dnc	0,83	0,0023	0,73		
				<i>Ulnaria ulna</i>	Dnc	10,63	0,2947	19,12										<i>Hantzschia</i> sp#1	Dnc	0,83	0,0012	0,40		
						Total Dnc		465,26	1,3305		86,32							<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	54,57	0,0268	8,67		
																		<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	9,92	0,0066	2,13		
																		<i>Navicula</i> sp#1	Dnc	0,83	0,0167	5,39		
																		<i>Ulnaria ulna</i>	Dnc	*				
																		Total Dnc		205,90	0,2635	85,11		
						Total					774,57	1,5413		3,27							444,08	0,3096		1,29

(*): Especie encontrada en el análisis cualitativo

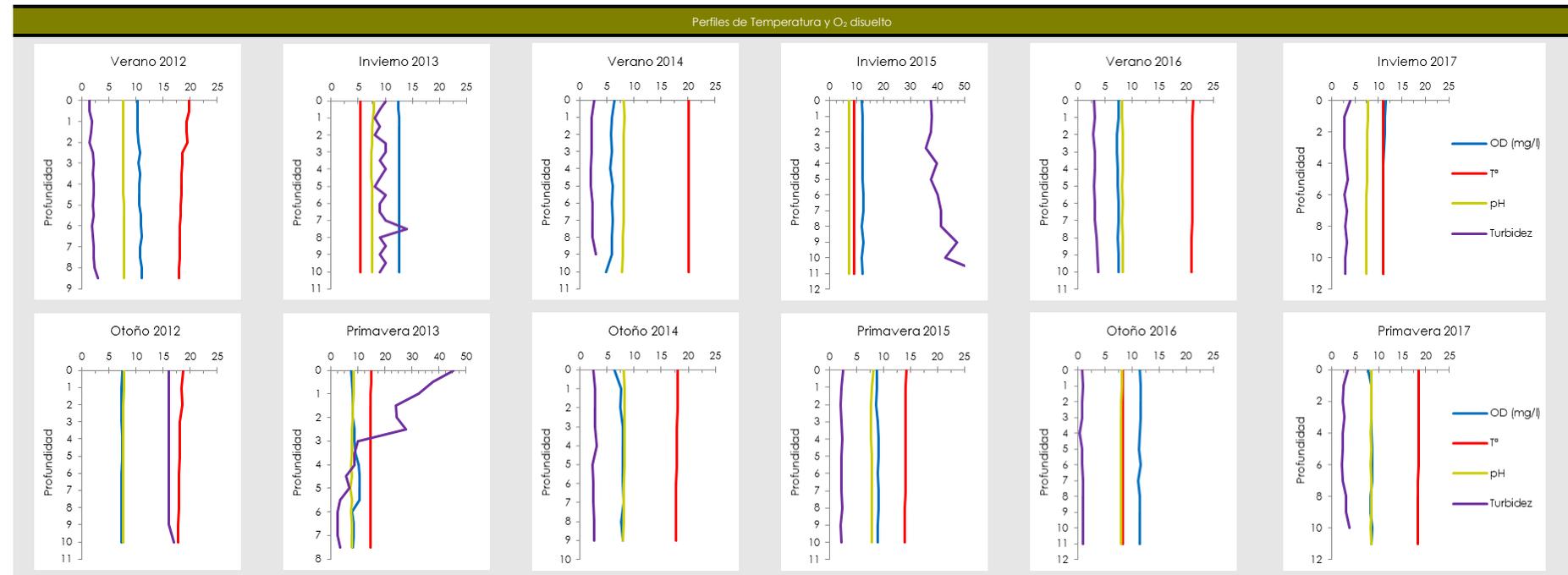
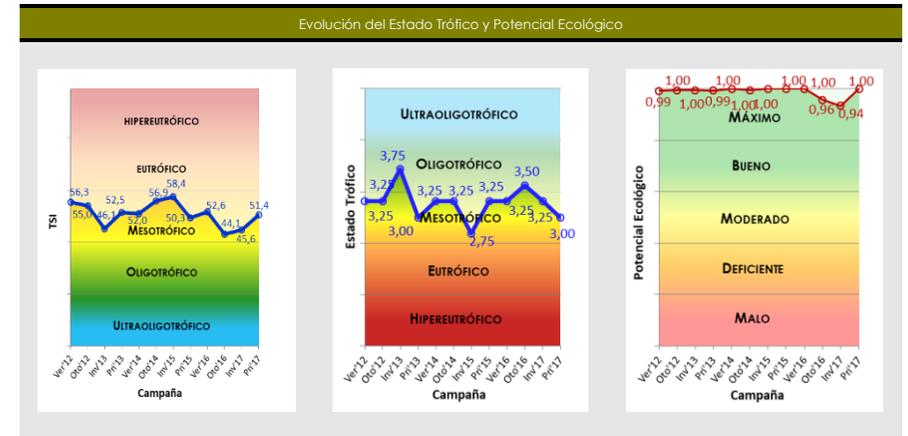


De izquierda a derecha: *Amphora ovalis* y *Pediastrum boryanum*, observadas en las muestras de 2012.

EMBALSE DE PRIAÑES



Datos generales	
Nombre	Priañes
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	7
Coordenadas UTM ETRS 89 HUGO30	X: 0.259.133 Y: 4.807.810
Altitud	79 m
Área de la cuenca	340 Km ²
Superficie	35,17 ha
Capacidad	1,91 km ³
Profundidad máxima	27 m



Parámetros		Campañas												
		2012		2013		2014		2015		2016		2017		
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	
Condiciones Hidrometeorológicas	Temperatura atmosférica (°C)	23	15	18	25	17	17	12	20	22,38	8	13	17	
	Condiciones meteorológicas	Nublado	Nublado	Soleado	Soleado	Nublado	Soleado	Nublado	Nublado	Soleado	Nubes	Nuboso	Nuboso	
	Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual	53	107	84	97	53	63,5	80,9	99,9	44,9	114,7	77,7	81,8
		Mensual	29	166	205	129	24,1	76,7	194,3	110,2	20,5	157,4	59,33	107,2
	Color de agua	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Marrón	Verdoso	Marrón verdoso	Verde	Marrónáceo	Verde	
	Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	
	Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
	Profundidad máxima (m)	8,4	10,2	10,7	9,6	10,2	10,2	10,2	7,4	10,6	11,5	11,7	7,1	
	Profundidad de disco de Secchi (m)	3,1	1,6	1,8	2,25	2,6	2,2	3,1*	3	3*	5	3,1*	3,1*	
	Zona fótica (m)	7,75	4	4,5	5,63	6,5	5,5	7,75	9,23	7,5	11,5	7,75	7,75	
	Estratificación	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
	Profundidad de termoclina (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Parámetros físico-químicos y biológicos	Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	170	175	100	105	40	55	95	145	160	300	190	200
		Amonio (mg/l NH ₄)	0,00	0,00	0,32	0,12	0,08	0,17	0,03	0,25	0,03	0,01	0,02	0,01
Fosfatos (mg/l PO ₄)		0,45	0,76	0,57	0,31	0,19	0,2	0,008	0,059	0,04	0,02	0,02	0,04	
Nitratos (mg/l NO ₃)		0,000	0,000	1,431	2,705	0,084	0,492	3,268	4,225	5,31	4,87	3,19	4,39	
Nitritos (mg/l NO ₂)		0,000	0,000	0,039	0,089	0,000	0,039	0,202	0,113	0,06	0,02	0,04	0,05	
Silicatos (mg/l SiO ₂)		4,60	3,80	3,70	3,60	6,50	7,00	3,89	2,88	1,03	0,59	0,77	1,28	
Fósforo TOTAL (mg/l P)		0,4	0,2	0,07	0,11	0,04	0,15	0,11	0,18	0,19	0,05	0,02	0,08	
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)		1,10	1,50	0,90	0,80	0,40	3,70	0,92	1,24	1,2	1,1	0,73	0,97	
Clorofila a (µg/l)		1,57	1,01	0,39	1,97	0,87	2,47	1,3	0,73	1,4	1,5	3,2	2,6	
Fitoplancton		Biovolumen (mm³/l)	0,05	0,09	0,004	0,09	0,08	0,04	0,004	0,43	0,11	1,05	0,88	0,4
		Densidad (cel/ml)	76	133	9	297	125	69	11	484	14	245	468	332
Zooplancton		Abundancia (ind./l)	0,2	9,2	3,6	0,2	0,37	0,44	1	0,2	0,4	-	20	6,4
		Peso (µg/l)	0,01	0,104	1,59	0,27	2	3,6	0,65	0,2	0,48	-	2,33	3,31
Índice de Grupos Algae		0,93	0,99	0,99	1,04	0,03	0,51	0,01	0,01	0,01	0,31	1,39	0,38	
Porcentaje de Cianobacterias (%)	1,12	0	0	0	0	0	0	0,14	0	0	0	0		
Disco de Secchi (m) (min. anual)	1,6	1,6	1,6	1,6	2,6	2,2	0,5	3	1,7	5	2,4	2,5		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	10,63	7,42	8,73	9,99	5,83	7,66	12,35	8,97	7,42	11,46	11,17	8,4		
Estado Químico	Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno			

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	1,57	1	1,01	1	0,39	1	1,97	1	0,87	1	2,47	1	1,3	1	0,73	1	1,4	1	1,5	1	3,2	0,81	2,6	1
Biovolumen	0,050	1	0,085	1	0,004	1	0,035	1	0,082	1	0,044	1	0,004	1	0,431	1	0,105	1	10,053	0,83	0,877	0,92	0,402	1
BIOMASA	1		1		1		1		1		1		1		1		1		0,913		0,893		1	
Índice de Grupos Algae (IGA)	0,99	0,98	0,93	0,98	1,00	0,98	1,04	0,98	0,03	1	0,99	0,98	0,01	1	0,10	1	0,01	1	0,31	1	1,39	0,99	0,38	1
Porcentaje de Cianobacterias	1,12	0,98	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0,14	0,99	0	1	0	1	0	1	0	1
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,98		0,99		0,99		0,99		1		0,99		1		1		1		1		0,98		1	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,992		0,995		0,995		0,994		1		0,995		1		1		1		0,957		0,935		1	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo	

Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	90,5	80,6	65,4	71,9	80,6	82,6	43,7	79	79,8	60,8	47,3	67,3
TSI Clorofila A	35	30,7	21,4	37,3	29,2	39,5	33,2	27,6	33,9	34,6	42	40
TSI Disco de Secchi	43,7	53,2	51,5	48,3	46,2	48,6	43,7	44,2	44,2	36,8	43,7	43,7
TROPIC STATE INDEX (tsi)	56,27	54,98	46,1	52,50	52,01	56,89	58,36	50,25	52,63	44,08	45,58	51,37
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,3	3,3	3,8	3,0	3,3	3,3	2,8	3,3	3,3	3,5	3,3	3,0
	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico

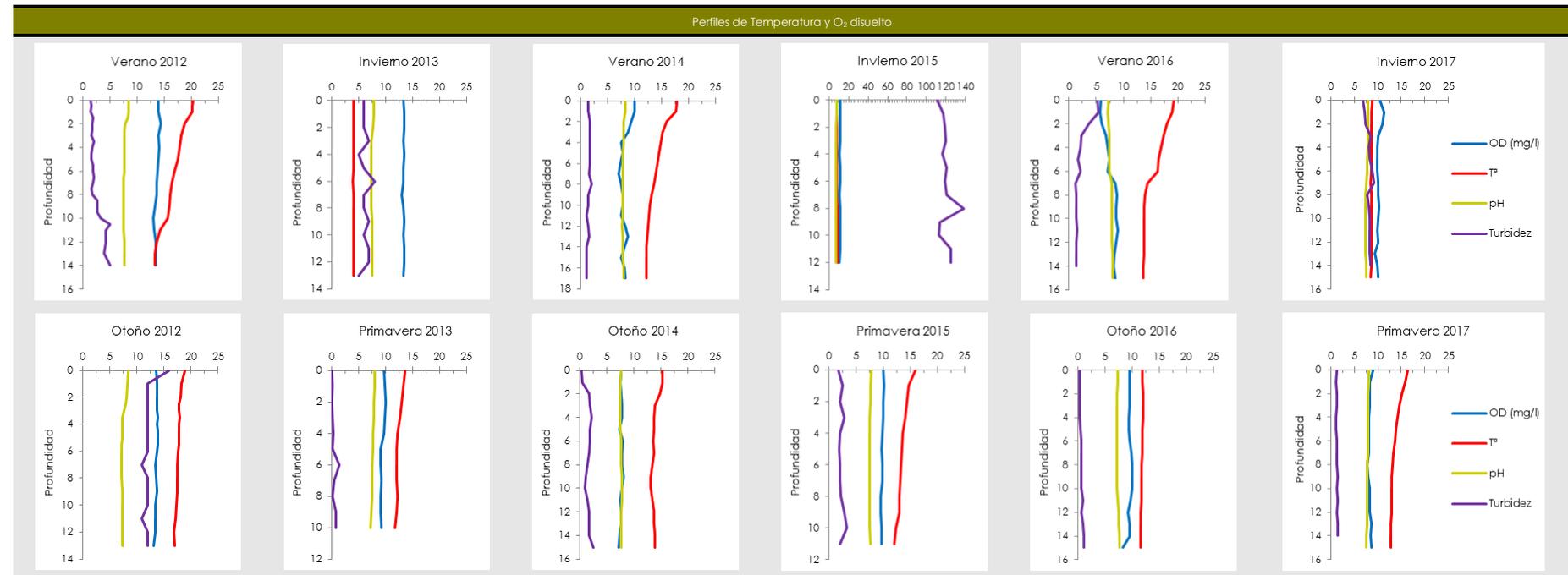
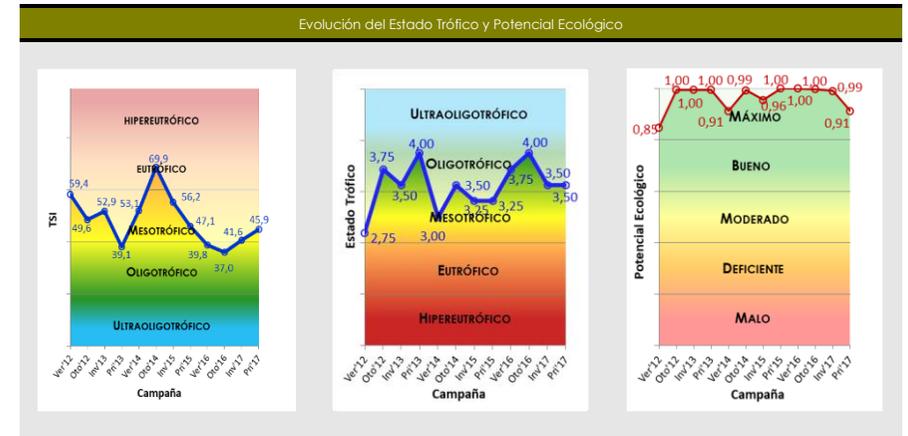
Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA			
2012	1: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurodesmus</i> spp	No aplica	*				2: Otoño	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium archerianum</i>	No aplica	1,48	0,0143	28,89				
				<i>Pediastrum boryanum</i>	Chc	*															
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus</i> spp.	Chc	16,28	0,0005	0,05				Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	*					
				<i>Eudatina</i>	Vc	*								<i>Melosira Varians</i>	Dc	5,92	0,0047	9,48			
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena</i>	Cia	5,18	0,0010	1,12						<i>Meridion Circulare</i>	Dc	*					
				<i>Fragilaria capuccina</i>	Dc	9,62	0,0010	1,21				<i>Total Dc</i>	Dnc	5,92	0,0047	9,48					
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Melosira Varians</i>	Dc	*						<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	13,32	0,0027	5,41					
				<i>Pleurosigma</i> spp.	Dc	*						<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*							
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	7,40	0,0034	3,94				<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Dnc	11,84	0,0018	3,56					
				<i>Cyclotella</i> spp.	Dnc	23,68	0,0676	79,33				<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	12,58	0,0049	10,00					
	<i>Diatoma vulgare</i>			Dnc	*					<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	13,32	0,0124	25,08							
	<i>Diatomea pennata</i>			Dnc	23,68	0,0030	3,48			<i>Navicula subtilissima</i>	Dnc	3,70	0,0005	1,10							
	<i>Encyonema</i>			Dnc	*					<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	Dnc	*									
	<i>Encyonema</i> spp.			Dnc	3,70	0,0001	0,16			<i>Synedra ulna</i>	Dnc	14,80	0,0082	16,48							
	<i>Navicula</i> spp.			Dnc	19,24	0,0075	8,82			<i>Total Dnc</i>	Dnc	69,56	0,0305	61,63							
	<i>Nitzschia acicularis</i>			Dnc	8,88	0,0003	0,37														
	<i>Nitzschia longissima</i>	Dnc	*																		
	<i>Nitzschia</i> spp.	Dnc	15,54	0,0013	1,50																
	<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*																		
	<i>Total Dnc</i>	Dnc	102,12	0,0832	97,61																
<i>Total</i>				133,20	0,0852		0,93														
2013	3: Invierno	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	3,70	0,0011	25,52		4: Primavera	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Chaetophora</i> spp.	No aplica	*						
				<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Dnc	0,74	0,0006	13,55							<i>Ulothrix</i> spp.	Dc	*				
		<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	*							<i>Asterionella formosa</i>	Dc	223,98	0,0124	35,15						
		<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	0,74	0,0001	2,75					<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*								
		<i>Gomphonema</i> spp.	Dnc	*							<i>Melosira Varians</i>	Dc	*								
		<i>Navicula cuspidata</i>	Dnc	3,70	0,0016	36,51					<i>Total Dc</i>	Dnc	223,98	0,0124	35,15						
		<i>Synedra ulna</i>	Dnc	0,74	0,0009	21,67					<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	10,36	0,0032	9,17						
		<i>Total Dnc</i>	Dnc	9,62	0,0044	100,00					<i>Cymbella lanceolata</i>	Dnc	11,10	0,0009	2,65						
		<i>Total</i>				9,62	0,0044		0,99				<i>Cymbella/Encyonema</i> spp.	Dnc	14,80	0,0013	3,69				
													<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	22,94	0,0141	40,08				
										<i>Gomphonema geminatum</i>	Dnc	*									
										<i>Gomphonema olivaceum</i>	Dnc	*									
										<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Dnc	0,74	0,0003	0,75							
										<i>Navicula lanceolata</i>	Dnc	4,44	0,0011	3,01							
										<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	*									
										<i>Synedra ulna</i>	Dnc	2,96	0,0017	4,83							
										<i>Total Dnc</i>	Dnc	67,34	0,0226	64,17							
										<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	6,66	0,0002	0,67							
										<i>Total Cc</i>	Cc	6,66	0,0002	0,67							
<i>Total</i>										<i>Total</i>				297,98	0,0352		1,04				
2014	5: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	*				6: Otoño	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	0,74	0,0017	3,85				
				<i>Pediastrum boryanum</i>	Chc	*									<i>Cosmarium</i> spp.	No aplica	0,74	0,0007	1,56		
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*							Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Pediastrum boryanum</i>	No aplica	2,22	0,0158	35,44		
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*									<i>Pediastrum</i> spp.	Chc	*				
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Caloneis amphibaena</i>	Dnc	0,19	0,0012	1,41					Ochrophyta	Trebouxiophyceae	<i>Actinastrium hantzschii</i>	Chc	*				
				<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Dnc	*									<i>Suirrella elegans</i>	No aplica	*				
		<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Dnc	115,44	0,0770	93,82							<i>Melosira Varians</i>	Dc	*						
		<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	0,19	0,0006	0,78							<i>Amphora ovalis</i>	Dnc	*						
		<i>Diadmosphenia geminata</i>	Dnc	*									<i>Caloneis amphibaena</i>	Dnc	0,74	0,0018	3,97				
		<i>Navicula cuspidata</i>	Dnc	6,46	0,0032	3,93							<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	5,92	0,0012	2,64				
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	3,70	0,0001	0,07						<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Dnc	17,02	0,0060	13,57							
<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*								<i>Cymatopleura elliptica</i>	Dnc	*									
<i>Total Dnc</i>	Dnc	125,98	0,0820	100,00						<i>Cymbella lanceolata</i>	Dnc	*									
<i>Total</i>										<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	11,84	0,0053	11,90							
										<i>Encyonema</i> spp.	Dnc	0,74	0,0002	0,38							
										<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Dnc	*									
										<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Dnc	0,38	0,0067	15,02							
										<i>Navicula cuspidata</i>	Dnc	*									
										<i>Navicula</i> spp.	Dnc	25,16	0,0023	5,24							
										<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	0,74	0,0001	0,03							
										<i>Synedra ulna</i>	Dnc	3,61	0,0028	6,39							
<i>Total Dnc</i>	Dnc	66,15	0,0263	59,15						<i>Total Dnc</i>	Dnc	66,15	0,0263	59,15							
<i>Total</i>										<i>Total</i>				69,85	0,0445		0,51				

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

EMBALSE DE VALDEMURIO



Datos generales	
Nombre	Valdemurio
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	7
Coordenadas UTM ETRS 89 Huso30	X: 0.742.243
	Y: 4.787.244
Altitud	332 m
Área de la cuenca	198 km ²
Superficie	22,49 ha
Capacidad	1,43 hm ³
Profundidad máxima	40,15 m



Parámetros	Campañas		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura atmosférica (°C)	27	15	9	15	14	13	11	22	16,6	14	9	15		
Condiciones meteorológicas	Despejado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Soleado	Nublado	Sal y Nubes	Nuboso	Llovizna		
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual	107	84	97	53	63,5	80,9	99,9	44,9	114,7	77,7	81,8		
	Mensual	29	166	205	129	24,1	76,7	194,3	110,2	20,5	157,4	63,2	88,3	
Color de agua	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verde oscuro	Marrón	Verdoso	Marrón	Verde	Marrón	Marrón		
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor		
Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Profundidad máxima (m)	15	12,6	13	12,6	16,2	18	12	12	16	17	17,40	14,40		
Profundidad de disco de Secchi (m)	3,25	6	1,55	4,5	2,8	3,5	3,1*	3	3,1*	5,6	3,1*	3,1*		
Zona fótica (m)	8,13	12,6	3,86	11,25	7,0	8,75	7,75	7,5	7,75	14	7,75	7,75		
Estratificación	Sí	No	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	No	No		
Profundidad de termoclina (m)	9	-	-	-	2	3	-	1	7	-	-	-		
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	110	115	85	110	115	120	65	105	120	130	170	150		
Amonio (mg/l NH ₄)	0,00	0,00	0,12	0,06	0,06	0,21	0,02	0,07	0,05	0,03	0,01	0,05		
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,14	0,27	0,11	0,10	0,20	0,49	0,01	0,005	0,001	0,004	0,006	0,003		
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,000	0,000	0,656	0,656	0,567	0,961	1,740	1,005	0,290	0,170	0,400	0,301		
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,000	0,000	0,033	0,039	0,046	0,030	0,016	0,023	0,008	0,005	0,004	0,006		
Silicatos (mg/l SiO ₂)	0,46	3,20	2,95	2,80	3,50	11,00	2,49	1,69	2,20	1,32	0,79	0,60		
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,24	0,28	0,32	0,04	0,08	5,5	0,23	0,36	0,02	0,02	0,02	0,02		
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	1,20	0,70	0,50	3,30	0,40	1,20	0,45	0,39	0,39	0,71	0,40	0,39		
Clorofila a (µg/l)	8,85	0,87	0,27	0,40	5,15	2,43	3,33	0,10	0,80	0,80	1,37	5,17		
Fitoplancton	Biovolumen (mm³/l)	0,03	0,004	0,01	0,003	0,02	0,03	0,0003	0,17	0,06	0,09	0,03		
	Densidad (cel/ml)	176,86	7,4	14,8	14,8	213,28	75,42	1,48	201,5	54,48	349,48	62,57	31,84	
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	53,2	2,8	0,6	0,2	21,8	37,4	-	1,2	35,2	1	8,8		
	Peso (µg/l)	236,67	2,45	1,1	0,01	23,72	63,46	-	1,11	27,84	3,72	12,91		
Índice de Grupos Algales	0,95	1,00	0,99	1	0,01	1,04	1,02	0,08	0,37	0,63	1,27	0,49		
Porcentaje de Cianobacterias (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,48	0	0		
Disco de Secchi (m) (mín. anual)	3,25	3,25	1,55	1,55	2,8	3,5	0,3	3	1,4	5,6	1,25	2,5		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	13,4	13,67	13,39	9,51	7,99	7,63	11,08	9,78	8,6	9,58	10,16	8,27		
Estado Químico	Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno	

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	8,85	0,41	0,87	1	0,27	1	0,4	1	5,15	0,65	2,43	1	3,33	0,85	0,1	1	0,8	1	0,8	1	1,37	1	5,17	0,65
Biovolumen	0,03	1	0,004	1	0,01	1	0,003	1	0,02	1	0,03	1	0,003	1	0,17	1	0,06	1	0,09	1	0,04	1	0,03	1
BIOMASA	0,71		1		1		1		0,826		1		0,99		1		1		1		1		0,83	
Índice de Grupos Algales (IGA)	0,95	0,98	1	0,99	0,99	0,98	1	0,98	0,01	1	1,04	0,98	1,02	0,98	0,08	1	0,37	1	0,63	1,00	1,27	0,96	0,49	1
Porcentaje de Cianobacterias	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0,48	0,99	0	1	0	1
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,99		0,99		0,99		0,99		1		0,99		0,99		1		1		1		0,98		1	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,848		0,995		0,995		0,995		0,913		0,994		0,956		1		1		0,998		0,991		0,913	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo	

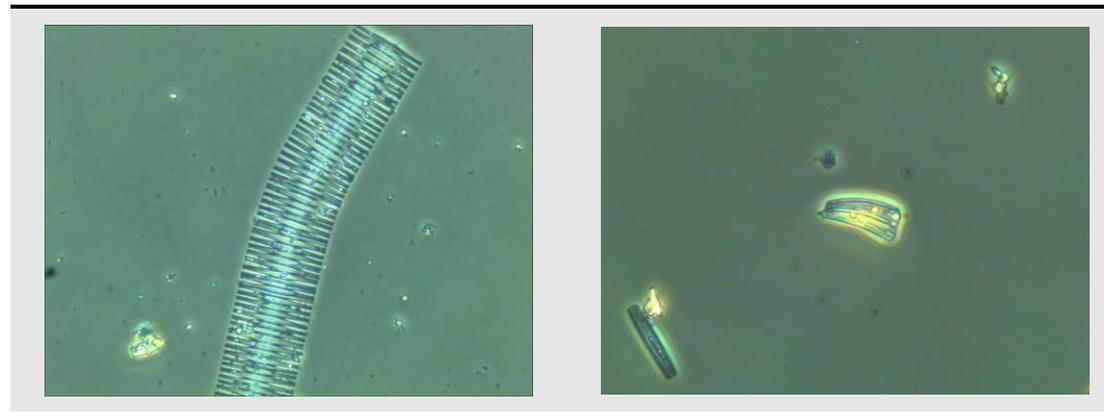
Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	83,2	85,4	87,3	57,3	67,3	128,3	82,6	89	47,3	47,3	47,3	47,3
TSI Clorofila A	52,0	29,2	17,8	21,6	46,7	39,3	42,4	8,0	28,4	28,4	33,7	46,7
TSI Disco de Secchi	43	34,2	53,7	38,3	45,2	41,9	43,7	44,2	43,7	35,2	43,7	43,7
TROPIC STATE INDEX (tsi)	59,40	49,61	52,92	39,09	53,06	69,87	56,22	47,07	39,82	36,98	41,57	45,92
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	2,8	3,8	3,5	4,0	3,0	3,5	3,3	3,3	3,8	4,0	3,5	3,5
	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA							
2015	7: Invierno	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium</i> sp.	Chnc	*				8: Primavera	Ochrophyta	Dinophyceae	<i>Peridinium</i> sp#1	D	*										
				<i>Licmophora</i> spp.	Dc	*							<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*										
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Meridion Circulare</i>	Dc	0,74	0,0001	33,82						<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	6,87	0,0031	1,79							
				<i>Navicula</i> spp.	Dnc	0,74	0,0001	33,82						<i>Licmophora</i> sp#1	Dc	*									
				<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*								<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc	29,77	0,0029	1,69							
				Total Dnc		0,74	0,0002	66,18						Total Dc		36,64	0,0060	3,48							
				Total Dnc		0,74	0,0002	66,18						<i>Achnantes</i> sp#1	Dnc	18,32	0,0111	6,44							
		2016	9: Verano	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Sphaerocystis</i> sp#1	Chc	*							10: Otoño	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Hantzschia</i> sp#1	Dnc	2,29	0,0024	1,42			
						<i>Monoraphidium</i> sp#2	Chnc	0,41	0,0005				0,86						<i>Amphora</i> sp#1	Dnc	6,87	0,0103	5,97		
				Chlorophyta	Trebouxiophyceae	<i>Crucigenia</i> sp	Chc	28,35	0,0007				1,18						<i>Amphora</i> sp#2	Dnc	6,87	0,0066	3,86		
						Total Chc		28,35	0,0007				1,18						<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	5,72	0,0048	2,77		
				Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> sp#1	No aplica	7,09	0,0205				36,57						<i>Diatoma ehrenbergii</i>	Dnc	1,14	0,0033	1,94		
						<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*											<i>Diatoma</i> sp#1	Dnc	1,14	0,0057	3,31		
				Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	2,03	0,0047				8,43						<i>Diatomea</i> sp#1	Dnc	4,58	0,0847	49,19		
						<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*											<i>Encyonema</i> sp#1	Dnc	18,32	0,0165	9,58		
<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc					*					<i>Gomphonema</i> sp#2	Dnc	1,14	0,0001				0,07							
Total Dc						2,03	0,0047	8,43			<i>Hantzschia</i> sp#1	Dnc	2,29	0,0024				1,42							
<i>Cocconeis cf pediculus</i>	Dnc					*					<i>Naviculaceae</i> sp#1	Dnc	42,36	0,0035				2,06							
<i>Cyclotella</i> sp#3	Dnc					10,63	0,0279	49,87			<i>Naviculaceae</i> sp#12	Dnc	1,14	0,0003				0,15							
<i>Encyonema</i> sp#1	Dnc					*					<i>Naviculaceae</i> sp#2	Dnc	9,16	0,0018				1,02							
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc					0,41	0,00003	0,05			<i>Naviculaceae</i> sp#3	Dnc	2,29	0,0004				0,20							
<i>Nitzschia palea</i>	Dnc					1,62	0,0003	0,59			<i>Naviculaceae</i> sp#4	Dnc	9,16	0,0032				1,85							
<i>Synedra</i> sp#2	Dnc	3,54	0,0013			2,25			<i>Naviculaceae</i> sp#5	Dnc	*														
Chrysophyceae	Dinobryon divergens	Cc	0,41	0,0001	0,20			<i>Naviculaceae</i> sp#6	Dnc	3,43	0,0015	0,86													
		Total Cc		0,41	0,0001	0,20			<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	4,58	0,0001	0,07												
Total				54,48	0,0560	0,37																			
2015	7: Invierno	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Peridinium</i> sp#1	D	*				8: Primavera	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Monoraphidium</i> sp#2	Chnc	3,54	0,0050	5,31								
				<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*							<i>Oocystis</i> sp#1	Chc	*										
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	6,87	0,0031	1,79						<i>Cryptomonas</i> sp#1	Cr	*									
				<i>Licmophora</i> sp#1	Dc	*								<i>Cryptomonas</i> sp#1	Cr	8,93	0,0382	40,62							
				<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc	29,77	0,0029	1,69						<i>Rhodomonas</i> sp#1	Cr	251,60	0,0098	10,45							
				Total Dc		36,64	0,0060	3,48						<i>Rhodomonas</i> sp#2	Cr	*									
				<i>Achnantes</i> sp#1	Dnc	18,32	0,0111	6,44						Total Cr		260,53	0,0480	51,07							
				<i>Amphora</i> sp#1	Dnc	6,87	0,0103	5,97						<i>Cianoficea coccol</i> sp#1	Cia	35,44	0,0005	0,48							
				<i>Amphora</i> sp#2	Dnc	6,87	0,0066	3,86						<i>Cianoficea filamentosa</i> sp#3	Cia	*									
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	5,72	0,0048	2,77						Total Cia		35,44	0,0005	0,48							
				<i>Diatoma ehrenbergii</i>	Dnc	1,14	0,0033	1,94						<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*									
				<i>Diatoma</i> sp#1	Dnc	1,14	0,0057	3,31						<i>Melosira</i> sp#1	Dc	1,49	0,0070	7,43							
				<i>Diatomea</i> sp#1	Dnc	4,58	0,0847	49,19						<i>Meridion</i> sp#1	Dc	*									
				<i>Encyonema</i> sp#1	Dnc	18,32	0,0165	9,58						<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc	7,09	0,0013	1,39							
				<i>Gomphonema</i> sp#2	Dnc	1,14	0,0001	0,07						Total Dc		8,58	0,0083	8,82							
<i>Hantzschia</i> sp#1	Dnc	2,29	0,0024	1,42			<i>Achnantes</i> sp#1	Dnc	21,26	0,0122	12,98														
<i>Naviculaceae</i> sp#1	Dnc	42,36	0,0035	2,06			<i>Amphora</i> sp#1	Dnc	3,54	0,0037	3,95														
<i>Naviculaceae</i> sp#12	Dnc	1,14	0,0003	0,15			<i>Cocconeis pediculus</i>	Dnc	1,49	0,0009	0,96														
<i>Naviculaceae</i> sp#2	Dnc	9,16	0,0018	1,02			<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	1,49	0,0064	6,78														
<i>Naviculaceae</i> sp#3	Dnc	2,29	0,0004	0,20			<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	1,49	0,0006	0,59														
<i>Naviculaceae</i> sp#4	Dnc	9,16	0,0032	1,85			<i>Encyonema</i> sp#1	Dnc	1,49	0,0053	5,60														
<i>Naviculaceae</i> sp#5	Dnc	*					<i>Fragilaria cf ulna</i>	Dnc	1,49	0,0008	0,81														
<i>Naviculaceae</i> sp#6	Dnc	3,43	0,0015	0,86			<i>Gomphonema</i> sp#3	Dnc	3,54	0,0018	1,87														
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	4,58	0,0001	0,07			<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	3,54	0,0018	1,87														
<i>Nitzschia</i> sp#1	Dnc	6,87	0,0009	0,51			<i>Nitzschia cf palea</i>	Dnc	3,54	0,0007	0,77														
<i>Nitzschia</i> sp#2	Dnc	16,03	0,0010	0,60			Total Dnc		41,39	0,0323	34,31														
<i>Rhopalodia</i> sp#1	Dnc	1,14	0,0001	0,04			Total Cc		1,14	0,0002	0,14														
<i>Synedra</i> sp#2	Dnc	1,14	0,0077	4,45			Total Cc		1,14	0,0002	0,14														
Total Dnc		163,72	0,1659	96,38			Total Cc		1,14	0,0002	0,14														
<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	1,14	0,0002	0,14			Total		201,50	0,1721	0,08														
Total Cc		1,14	0,0002	0,14			Total		201,50	0,1721	0,08														
Total				1,48	0,0003	1,02		Total		201,50	0,1721	0,08													

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

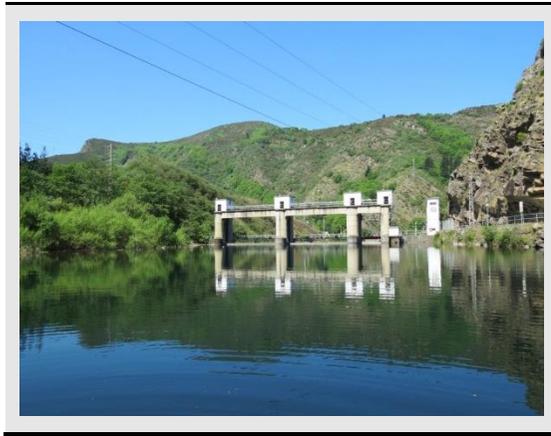
Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA																						
2017	11: Invierno	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Cianoficea Oscillatoria</i>	Cia	*				12: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium sp#1</i>	Chc	*																									
				<i>Achnanthes sp#6</i>	Dc	4,65	0,0020	5,63	<i>Coelastrum sp#1</i>				Chc	*																										
				<i>Amphora sp#1</i>	Dc	*			<i>Monoraphidium sp#2</i>				Chnc	2,86	0,0029	11,66																								
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*			Total Chnc				2,86	0,0029	11,66	Total	31,84	0,0252	0,49																					
				<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*			<i>Oocystis sp#1</i>				Chc	*																										
				<i>Meridion sp#1</i>	Dc	4,65	0,0015	4,30	<i>Cryptomonas sp#1</i>				Cr	3,48	0,0043					16,99																				
				<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc	27,91	0,0049	13,69	Total Cr				3,48	0,0043	16,99					Total	31,84	0,0252	0,49																	
				<i>Thalassiosira sp#2</i>	Dc	0,70	0,0055	15,26	<i>Ceratium hirundinella</i>				D	*																										
				Total Dc	Total Dc	37,91	0,0139	38,87	<i>Peridinium sp#2</i>				D	*																										
				<i>Cocconeis pediculus</i>	Dnc	1,40	0,0037	10,32	<i>Encyonema sp#1</i>				Dc/Dnc	2,86	0,0011									4,33	Total	31,84	0,0252	0,49												
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*			<i>Achnantes sp#1</i>				Dc	0,87	0,0005									2,16																
				<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	*			<i>Fragilaria crotonensis</i>				Dc	*																										
				<i>Cyclotella sp#1</i>	Dnc	9,30	0,0041	11,37	<i>Rhoicosphenia sp#1</i>				Dc	14,31	0,0024									9,64					Total	31,84	0,0252	0,49								
				<i>Diatoma sp#1</i>	Dnc	*			Total Dc				15,18	0,0030	16,12									Total									31,84	0,0252	0,49					
				<i>Diatomea sp#9</i>	Dnc	*			<i>Cocconeis cf pediculus</i>				Dnc	3,73	0,0056																					22,30				
				<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	4,65	0,0012	3,31	<i>Cocconeis cf placentula</i>				Dnc	0,87	0,0005																					2,04				
				<i>Encyonema sp#2</i>	Dnc	*			<i>Fam. Naviculaceae sp#6</i>				Dnc	2,86	0,0078																					30,89				
				<i>Fam. Naviculaceae sp#1</i>	Dnc	*			<i>Nitzschia palea</i>				Dnc	*																										
				<i>Fam. Naviculaceae sp#6</i>	Dnc	4,65	0,0111	31,18	Total Dnc				7,46	0,0139	59,56																					Total	31,84	0,0252	0,49	
				<i>Fragilaria ulna</i>	Dnc	*			<i>Dinabyon divergens</i>				Cc	*																										
				<i>Fragilariopsis sp#1</i>	Dnc	*																																		
				<i>Hannaea sp#1</i>	Dnc	*																																		
				<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	*																																		
				<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	*																																		
				<i>Nitzschia cf palea</i>	Dnc	4,65	0,0018	4,95																																
				<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	*																																		
				Total Dnc	Total Dnc	24,66	0,0219	61,13																																
				Total	Total	62,57	0,0358	1,27																																

(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

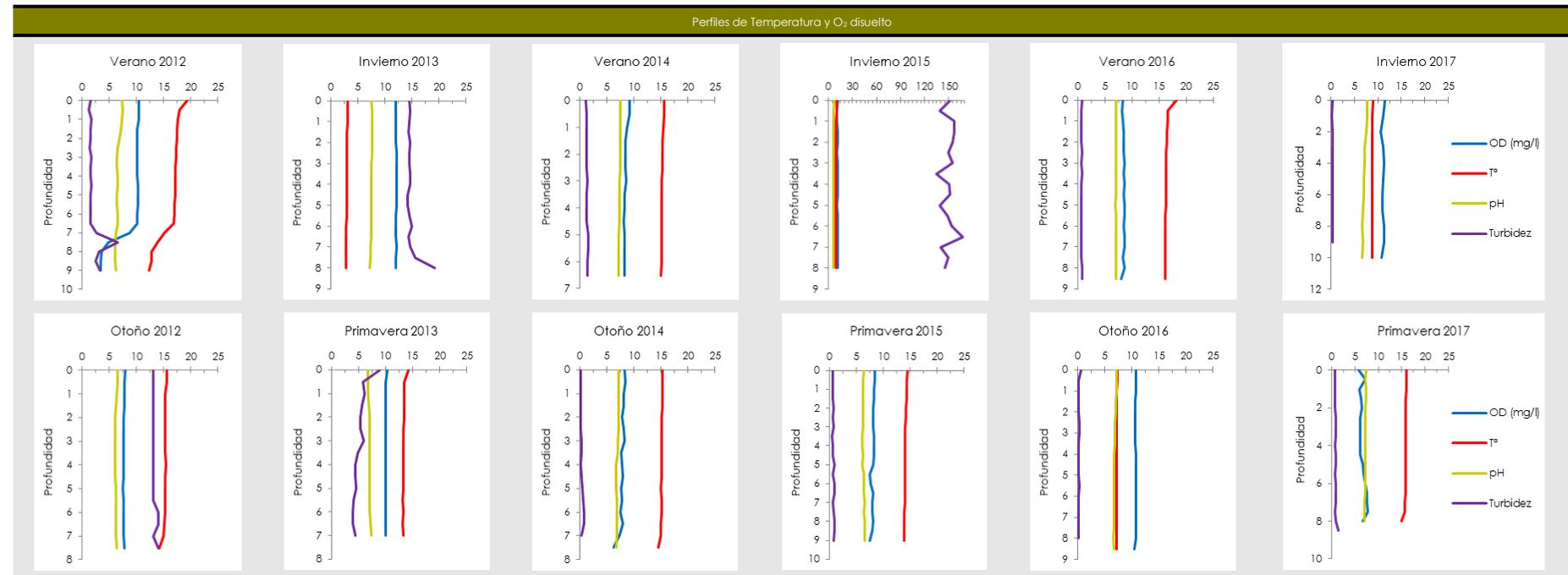
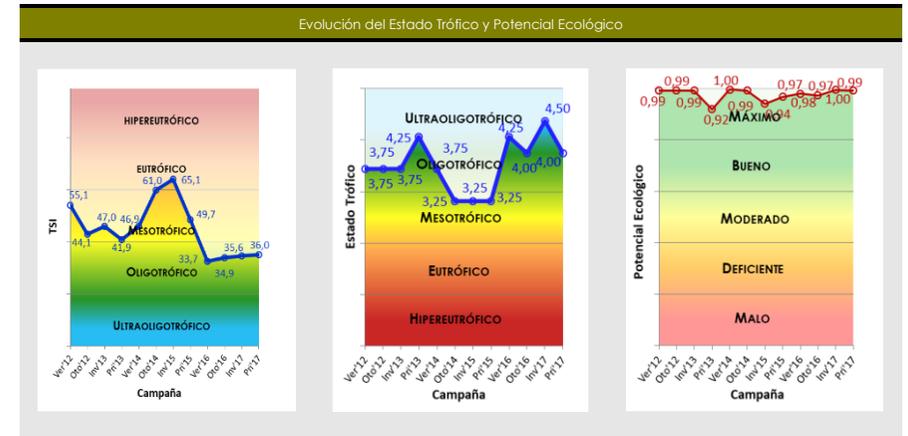


De izquierda a derecha: *Fragilaria crotonensis* y *Rhoicosphenia*, observadas en las muestras de 2016.

EMBALSE DE PILOTUERTO



Datos generales	
Nombre	Pilotuerto
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	3
Coordenadas UTM ETRS 89 HUGO30	X: 0.742.243 Y: 4.787.244
Altitud	248 m
Área de la cuenca	1005 Km ²
Superficie	18,4 ha
Capacidad	0,75 hm ³
Profundidad máxima	19 m



Parámetros	Campanas		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura atmosférica (°C)	28	16	3	24	19	16	10	23	18	10	13	16	18	10
Condiciones meteorológicas	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Nuboso	Despejado	Nuboso	Despejado	Sol y Nubes	Sol y Nubes	Nuboso	Nuboso	Sol y Nubes	Sol y Nubes
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual		72	84	39,9	56,5	86,2	26,2	39,9	117,1	75,1	85,5	39,9	117,1
	Mensual		42	89	18	78,8	168,8	85,5	6,5	135,2	71,5	112,3	6,5	135,2
Color de agua	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Marrón	Verdoso	Verde oscuro	Verde	Verde oscuro	Verde	Verde oscuro	Verde
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor
Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Profundidad máxima (m)	10	6,6	8,0	7,7	8,3	8,5	8,6	9,3	8,3	8,5	9,70	8,80	8,3	8,5
Profundidad de disco de Secchi (m)	4	3,5	4,8	6,5	3,8	2,6	3,1*	1,8	5	6	7,75	5	5	6
Zona fótica (m)	10	6,6	8,0	7,7	8,3	6,5	7,75	4,5	8,3	8,5	9,70	8,80	8,3	8,5
Estratificación	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Profundidad de termoclina (m)	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	35	30	65	35	55	65	30	45	40	150	30	35	40	150
Amonio (mg/l NH ₄)	0,00	0,00	0,17	0,46	0,13	1,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,02	0,06	0,01	0,01
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,05	0,01	0,04	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,000	0,000	0,656	1,263	0,992	0,696	1,200	1,293	0,410	0,330	0,250	0,296	0,410	0,330
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,000	0,000	0,049	0,007	0,026	0,020	0,004	0,009	0,005	0,040	0,003	0,005	0,005	0,005
Silicatos (mg/l SiO ₂)	0,82	0,20	9,00	0,4	11,00	7,80	3,92	11,25	1,95	0,67	0,52	0,30	1,95	0,67
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,72	0,12	0,23	0,06	0,17	1	0,11	0,37	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	1,70	0,50	0,70	4,10	0,50	0,80	0,43	0,52	0,41	<0,39	<0,39	2,00	0,41	<0,39
Clorofila a (µg/l)	0,64	0,25	0,38	0,88	0,41	1,29	3,73	0,10	0,17	0,27	0,40	0,47	0,17	0,27
Fitoplancton	Biovolumen (mm³/l)	0,001	0,02	0,006	0,016	0,023	0,081	0,004	0,312	0,065	0,101	0,067	0,004	0,312
	Densidad (cel/ml)	5,18	14,82	12,58	48,84	56,98	26,59	11,84	436,97	89,69	302,22	74,87	101,76	436,97
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	1	10	1	0,8	0,6	2,8	0,4	-	0,4	-	1	4	-
	Peso (µg/l)	1,3	2,44	0,03	0,41	0,43	0,06	0,42	-	0,61	-	0,05	1,62	-
Índice de Grupos Algales	1,00	0,98	0,99	0,99	0,41	0,93	0,01	0,42	0,12	0,50	0,62	0,82	0,42	0,99
Porcentaje de Cianobacterias (%)	0	0	0	0	0	0	0	2,62	1,68	2,01	0	0	2,62	1,68
Disco de Secchi (m) (min. anual)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,8	2,6	3,1*	1,8	5	6	7,75	5	5	6
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	5,69	7,63	12,05	10,07	8,48	7,81	11,00	8,00	8,47	10,70	11,09	6,48	8,47	10,70
Estado Químico	Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno	

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	0,64	1	0,25	1	0,38	1	0,88	1	0,41	1	1,29	1	3,73	0,76	0,10	1	0,17	1	0,27	1	0,40	1	0,47	1
Biovolumen	0,001	1	0,020	1	0,006	1	0,016	1	0,023	1	0,081	1	0,004	1	0,312	1	0,065	1	0,101	1	0,068	1	0,067	1
BIOMASA	1		1		1		1		1		1		0,88		1		1		1		1		1	
Índice de Grupos Algales (IGA)	1,00	0,97	0,98	0,97	0,99	0,97	0,99	0,97	0,41	0,99	0,93	0,97	0,01	1	0,42	0,99	0,12	1	0,5	0,99	0,62	0,98	0,82	0,97
Porcentaje de Cianobacterias	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2,62	0,97	1,68	0,98	2,01	0,98	0	1	0	1
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,98		0,98		0,98		0,98		1		0,98		1		0,94		0,96		0,95		0,99		0,99	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,992		0,992		0,992		0,992		0,997		0,992		0,941		0,968		0,981		0,974		0,995		0,993	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo	

Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	99	73,2	82,6	63,2	78,2	103,8	71,9	89,4	51,1	53	54,6	48,1
TSI Clorofila A	26,2	17	21,1	29,3	21,9	33,1	43,5	8	13	17,6	21,6	23,1
TSI Disco de Secchi	40	41,9	37,4	33	40,8	46,2	43,7	51,5	36,8	34,2	30,5	36,8
TROPIC STATE INDEX (tsi)	55,09											
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,8											
	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA			
2012	1: Verano	Chlorophyta	Ulvophyceae	<i>Ulothrix spp.</i>	Dc	*				2: Otoño	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	*						
		Myzozoa	Dinophyceae	<i>Gymnodinium spp.</i>	D	2,96	0,0001	15,88			Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	5,32	0,0005	2,39				
						Total D	2,96	0,0001	15,88						<i>Melosira Varians</i>	Dc	*				
															<i>Meridion Circulare</i>	Dc	*				
															Total Dc	5,32	0,0005	2,39			
																<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	7,60	0,0197	96,76	
																<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*			
																<i>Navicula subtilissima</i>	Dnc	1,90	0,0002	0,85	
																<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	Dnc	*			
																<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*			
																Total Dnc	9,50	0,0199	97,61		
																Total	5,18	0,0009		0,99	
		2013	3: Invierno	Myzozoa	Dinophyceae	<i>Gymnodinium spp.</i>	D	0,74	0,0003		6,25		4: Primavera	Chlorophyta	Ulvophyceae	<i>Ulothrix spp.</i>	Dc	*			
						Total D	0,74	0,0003	6,25		Ochrophyta	Bacillariophyceae		<i>Fragilaria arcus</i>	Dc	31,08	0,0032	20,33			
															<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*				
															<i>Melosira Varians</i>	Dc	*				
															<i>Meridion Circulare</i>	Dc	*				
															Total Dc	31,08	0,0032	20,33			
																<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	8,14	0,0017	10,72	
																<i>Cymbella spp.</i>	Dnc	*			
																<i>Gomphonema olivaceum</i>	Dnc	5,18	0,0062	40,00	
																<i>Syrosigma attenuatum</i>	Dnc	*			
																<i>Navicula lanceolata</i>	Dnc	0,74	0,0002	1,32	
																<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	*			
																<i>Synedra ulna</i>	Dnc	3,70	0,0043	27,62	
																Total Dnc	17,76	0,0124	79,67		
													Total	48,84	0,0155		0,99				
2014	5: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium archerianum</i>	No aplica	0,74	0,0114	49,44		6: Otoño	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	*						
														<i>Pediastrum boryanum</i>	Cc	0,74	0,0046	5,75			
															Total Cc	0,74	0,0046	5,75			
																<i>Coelastrum spp.</i>	Chc	*			
																<i>Pediastrum spp.</i>	Chc	*			
																<i>Eudorina elegans</i>	Vc	*			
																<i>Pandorina morum</i>	Vc	*			
																<i>Cryptomonas spp.</i>	Cr	4,44	0,0005	0,60	
																Total Cr	4,44	0,0005	0,60		
																<i>Surella elegans</i>	No aplica	*			
																<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*			
																<i>Melosira Varians</i>	Dc	*			
																<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	6,66	0,0008	1,01	
																<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	*			
													<i>Gomphonema olivaceum</i>	Dnc	0,74	0,0015	1,81				
													<i>Navicula cuspidata</i>	Dnc	*						
													<i>Navicula spp.</i>	Dnc	8,14	0,0033	4,08				
													<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	0,74	0,0001	0,02				
													<i>Stauroneis spp.</i>	Dnc	*						
													<i>Synedra ulna</i>	Dnc	5,13	0,0699	86,73				
													Total Dnc	21,41	0,0759	93,65					
													Total	26,59	0,0806		0,02				
													Total	56,98	0,0231		0,41				

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA				
2015	7: Invierno	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cocconeis	Dnc	*							-	-	Organismo sin identificar #1	No aplica	*					
				Cocconeis placentula	Dnc	0,74	0,0003	6,79	Monoraphidium sp#1				Chnc	1,91	0,0006	0,20						
				Diatoma vulgare	Dnc	*			Total Chnc				1,91	0,0006	0,20							
				Encyonema spp.	Dnc	0,74	0,0005	12,27	Limnathrix sp#1				Cia	19,08	0,0077	2,46						
				Navicula spp.	Dnc	8,88	0,0021	56,25	Oscillatoria sp#1				Cia	*								
				Nitzschia acicularis	Dnc	0,74	0,00002	0,48	Raphidiopsis sp#1				Cia	1,91	0,0005	0,15						
				Synedra acus	Dnc	0,74	0,0009	24,21	Total Cia				20,99	0,0082	2,62							
				Synedra ulna	Dnc	*			Asterionella formosa				Dc	*								
				Total Dnc	11,84	0,0037	100,00	Fragilaria crotonensis	Dc				*									
					8: Primavera	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Amphora sp#1	Dnc				7,63	0,0054	1,72							
		Amphora sp#2	Dnc					3,82	0,0147	4,72												
		Cocconeis placentula	Dnc					30,53	0,0254	8,16												
		Diatoma ehrenbergii	Dnc					*														
		Diatomea sp#1	Dnc					5,72	0,1058	33,93												
		Diatomea sp#4	Dnc					*														
		Diatomea sp#5	Dnc					*														
		Encyonema sp#1	Dnc					53,43	0,0481	15,42												
		Fragilaria cf ulna	Dnc					3,82	0,0087	2,80												
		Fragilariopsis sp#2	Dnc					9,54	0,0074	2,39												
		Gomphonema sp#2	Dnc			1,91	0,0002	0,06														
		Gomphonema sp#3	Dnc			7,63	0,0061	1,97														
		Hannaea sp#1	Dnc			15,27	0,0163	5,22														
		Navicula cf rynchocephala	Dnc			7,63	0,0026	0,82														
		Naviculacea sp#1	Dnc			*																
		Naviculacea sp#12	Dnc			3,82	0,0009	0,28														
		Naviculacea sp#2	Dnc			9,54	0,0018	0,59														
		Naviculacea sp#4	Dnc			5,72	0,0020	0,64														
Naviculacea sp#6	Dnc	9,54	0,0041			1,32																
Naviculacea sp#7	Dnc	5,72	0,0010			0,31																
Nitzschia acicularis	Dnc	5,72	0,0002			0,05																
Nitzschia sp#1	Dnc	11,45	0,0015			0,47																
Nitzschia sp#2	Dnc	3,82	0,0002			0,08																
Pinnularia sp#1	Dnc	*																				
Synedra sp#1	Dnc	*																				
Total Dnc	219,44	0,2651	84,99			Total Dnc	436,97	0,3119	0,42													
2016	9: Verano	Chlorophyta	Chlorophyceae			Monoraphidium cf contortum	Chnc	*			0,01				Chlorophyta	Chlorophyceae	Monoraphidium cf contortum	Chnc	55,00	0,0314	30,98	
				Monoraphidium sp#2	Chnc	2,61	0,0031	4,73	Monoraphidium sp#2	Chnc							1,62	0,0023	2,25			
				Total Chnc	4,73			Total Chnc	4,73													
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	Spirulina sp#1	Cia	45,48	0,0011	1,68	0,01						Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oocystis sp#1	Chc	*			2,01
				Total Cia	45,48	0,0011	1,68	Cianoficea filamentosa sp#2									Cia	212,62	0,0020	2,01		
				Melosira sp#1	Dc	*											Spirulina sp#1	Cia	*			
		Rhoicosphenia sp#1	Dc	4,13	0,0007	1,07	Total Dc	4,13	0,0007	1,07	Total Cia				*			2,01				
		Amphora sp#1	Dnc	8,27	0,0085	12,93	Amphora sp#1	Dnc	*						Ochrophyta	Bacillariophyceae	Asterionella formosa	Dc	*			
		Amphora sp#2	Dnc	*			Amphora sp#2	Dnc	*								Aulacoseira granulata	Dc	*			
		Amphora sp#3	Dnc	*			Amphora sp#3	Dnc	*								Fragilaria crotonensis	Dc	*			
		Cocconeis pediculus	Dnc	1,49	0,0042	6,49	Cocconeis pediculus	Dnc	1,49	0,0042	6,49						Melosira sp#1	Dc	3,24	0,0152	14,99	
		Cocconeis placentula	Dnc	1,49	0,0010	1,57	Cocconeis placentula	Dnc	1,49	0,0010	1,57						Rhoicosphenia sp#1	Dc	7,09	0,0013	1,29	
		Cocconeis scutellum	Dnc	5,59	0,0191	29,18	Cocconeis scutellum	Dnc	5,59	0,0191	29,18						Total Dc	7,09	0,0013	1,29		
		Cocconeis scutellum	Dnc	*			Cocconeis scutellum	Dnc	1,62	0,0025	2,42						Cocconeis placentula	Dnc	4,85	0,0029	2,91	
		Encyonema sp#1	Dnc	1,49	0,0005	0,78	Encyonema sp#1	Dnc	1,49	0,0005	0,78						Cocconeis scutellum	Dnc	9,71	0,0416	41,04	
		Fam. Naviculaceae sp#6	Dnc	0,37	0,0010	1,57	Fam. Naviculaceae sp#6	Dnc	0,37	0,0010	1,57						Encyonema sp#1	Dnc	4,85	0,0018	1,79	
		Gomphonema sp#3	Dnc	*			Gomphonema sp#3	Dnc	*								Navicula cf rynchocephala	Dnc	*			
		Gomphonema sp#4	Dnc	0,37	0,0002	0,30	Gomphonema sp#4	Dnc	0,37	0,0002	0,30				Navicula cf rynchocephala	Dnc	*					
		Hannaea sp#1	Dnc	1,12	0,0017	2,64	Hannaea sp#1	Dnc	1,12	0,0017	2,64				Nitzschia linearis	Dnc	*					
		Navicula cf cryptocephala	Dnc	*			Navicula cf cryptocephala	Dnc	*						Nitzschia palea	Dnc	1,62	0,0003	0,33			
		Navicula cf rynchocephala	Dnc	16,54	0,0157	24,00	Navicula cf rynchocephala	Dnc	16,54	0,0157	24,00				Ulnaria ulna	Dnc	*					
		Nitzschia acicularis	Dnc	0,37	0,00002	0,04	Nitzschia acicularis	Dnc	0,37	0,00002	0,04				Total Dnc	302,22	0,1014	0,50				
		Nitzschia cf linearis	Dnc	*			Nitzschia cf linearis	Dnc	*													
		Ulnaria ulna	Dnc	0,37	0,0085	13,02	Ulnaria ulna	Dnc	0,37	0,0085	13,02											
		Diatoma cf ehrenbergii	Dnc	*			Diatoma cf ehrenbergii	Dnc	*													
		Total Dnc	89,69	0,0654	0,12	Total Dnc	89,69	0,0654	0,12													

(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA							
2017	11: Invierno	Ochrophyta	Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Cianofocea Oscillatorial</i>	Cia	*				12: Primavera	Ochrophyta	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>cf Monoraphidium sp#3</i>	Chnc	0,76	0,0012	1,84						
			Bacillariophyceae	<i>Achnantes sp#1</i>	Dc	0,40	0,0002	0,25	Total Chnc	0,76			0,0012	1,84	Trebouxiophyceae	<i>cf Nephrocotium sp1</i>	Chc	*							
				<i>Fragilaria ulna</i>	Dc	*			<i>Amphora sp#1</i>	Dc/Dnc			5,32	0,0054	8,08	<i>Amphora sp#2</i>	Dc/Dnc	5,32	0,0046	6,81					
				<i>Licmophara sp#1</i>	Dc	*			<i>cf Surirella sp#1</i>	No aplica			*			<i>Melosira sp#1</i>	Dc	*							
				<i>Melosira sp#1</i>	Dc	1,98	0,0113	16,63	<i>Rhaicosphenia sp#1</i>	Dc			47,84	0,0081	12,17	<i>Rhaicosphenia sp#1</i>	Dc	47,84	0,0081	12,17					
				<i>Rhaicosphenia sp#1</i>	Dc	15,67	0,0027	4,05	<i>Total Dc</i>	18,05			0,0142	20,93	<i>Total Dc</i>	47,84	0,0081	27,06	<i>Cocconeis cf pediculus</i>	Dnc	5,32	0,0080	12,00		
				<i>Thalassiosira sp#2</i>	Dc	*			<i>Amphora sp#1</i>	Dnc			7,83	0,0140	20,65	<i>Cocconeis cf placentula</i>	Dnc	*			<i>Cocconeis cf placentula</i>	Dnc	*		
				<i>Total Dc</i>	18,05	0,0142	20,93	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	3,92			0,0012	1,82	<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	11,75	0,0179	26,44	<i>Cocconeis cf scutellum</i>	Dnc	5,32	0,0056	8,43	
				<i>Amphora sp#1</i>	Dnc	7,83	0,0140	20,65	<i>Diatomea sp#13</i>	Dnc			0,79	0,0003	0,46	<i>Diatomea sp#1</i>	Dnc	*			<i>Cymbella sp#1</i>	Dnc	*		
				<i>Cocconeis cf placentula</i>	Dnc	3,92	0,0012	1,82	<i>Diatomea sp#4</i>	Dnc			*			<i>Diatomea sp#1</i>	Dnc	*			<i>Diatomea sp#1</i>	Dnc	*		
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*			<i>Diatomea sp#5</i>	Dnc			*			<i>Diatomea sp#6</i>	Dnc	11,75	0,0112	16,57	<i>Fam. Naviculaceae sp#6</i>	Dnc	5,32	0,0145	21,66
				<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	11,75	0,0179	26,44	<i>Diatomea sp#9</i>	Dnc			*			<i>Diatomea sp#9</i>	Dnc	*			<i>Gomphonema cf sp#3</i>	Dnc	5,32	0,0019	2,77
				<i>Diatomea sp#1</i>	Dnc	0,40	0,0018	2,68	<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc			3,92	0,0010	1,47	<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	3,92	0,0010	1,47	<i>Gomphonema sp#3</i>	Dnc	*		
				<i>Diatomea sp#13</i>	Dnc	0,79	0,0003	0,46	<i>Fam. Naviculaceae sp#1</i>	Dnc			*			<i>Fam. Naviculaceae sp#1</i>	Dnc	*			<i>Hannaea sp#1</i>	Dnc	5,32	0,0079	11,76
				<i>Diatomea sp#4</i>	Dnc	*			<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc			3,92	0,0010	1,43	<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	5,32	0,0026	3,91	<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	10,63	0,0071	10,57
				<i>Diatomea sp#5</i>	Dnc	*			<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc			7,83	0,0035	5,17	<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	7,83	0,0035	5,17	<i>Navicula cf sp#7</i>	Dnc	*		
				<i>Diatomea sp#6</i>	Dnc	11,75	0,0112	16,57	<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc			0,79	0,0001	0,18	<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	*			<i>Ulnaria ulna</i>	Dnc	*		
				<i>Diatomea sp#9</i>	Dnc	*			<i>Nitzschia cf linearis</i>	Dnc			*			<i>Nitzschia cf linearis</i>	Dnc	*			<i>Total Dnc</i>	42,52	0,0475	85,99	
				<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	3,92	0,0010	1,47	<i>Nitzschia palea</i>	Dnc			3,92	0,0015	2,20	<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	3,92	0,0015	2,20	<i>Total Dnc</i>	42,52	0,0475	85,99	
				<i>Fam. Naviculaceae sp#1</i>	Dnc	*			<i>Ulnaria ulna</i>	Dnc			*			<i>Ulnaria ulna</i>	Dnc	*							
				<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	3,92	0,0010	1,43	<i>Total Dnc</i>	56,82			0,0536	79,07	0,62										
				<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	7,83	0,0035	5,17																	
				<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	0,79	0,0001	0,18																	
				<i>Nitzschia cf linearis</i>	Dnc	*																			
				<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	3,92	0,0015	2,20																	
				<i>Ulnaria ulna</i>	Dnc	*																			
				<i>Total Dnc</i>	56,82	0,0536	79,07	0,62																	
				<i>Total</i>	74,87	0,0678															101,76	0,0668		0,82	

(*) Especie encontrada únicamente en el análisis cualitativo

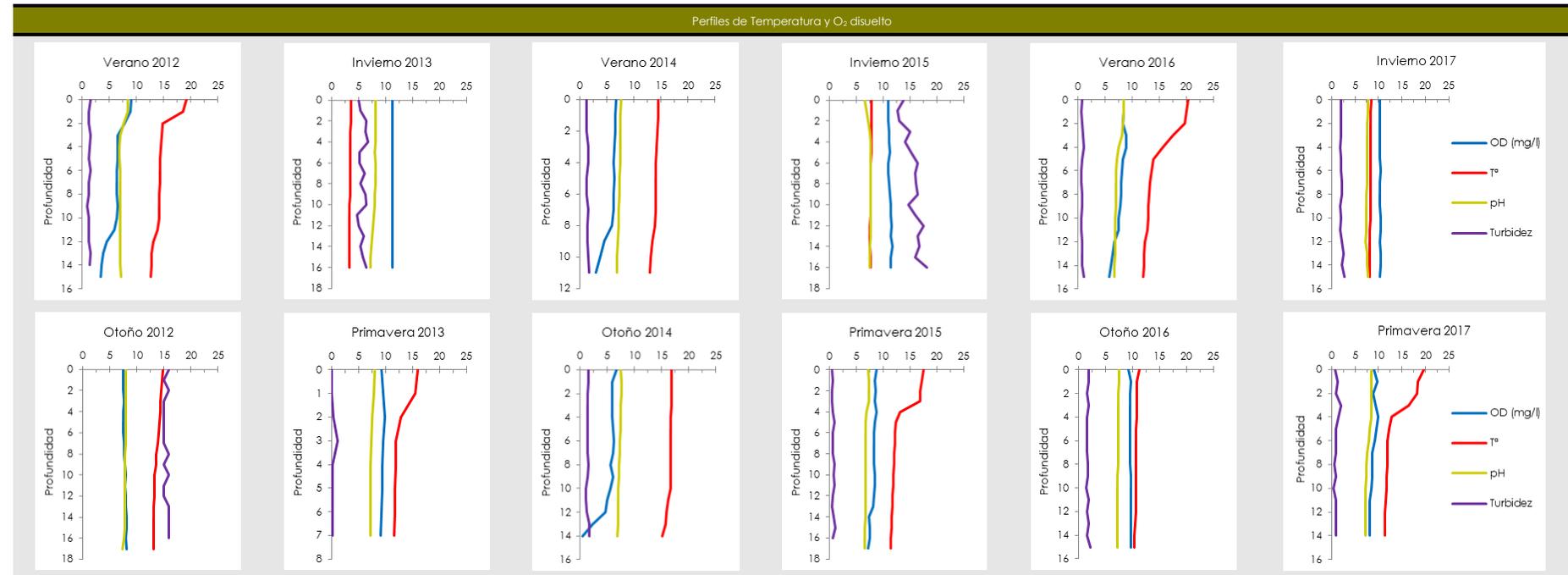
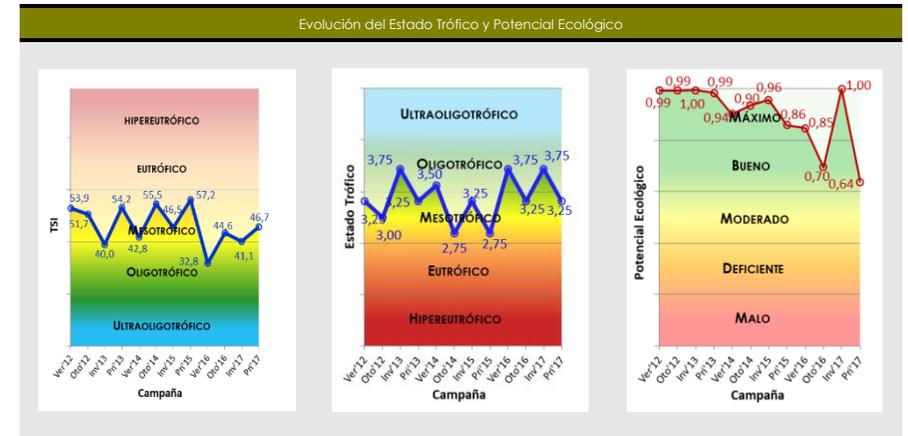


De izquierda a derecha: *Cymbella* sp. *Stauroneis* sp. observadas en 2013 y 2014, respectivamente.

EMBALSE DE RIOSECO



Datos generales	
Nombre	Rioseco
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	7
Coordenadas UTM ETRS 89 HUGO30	X: 0.299.215 Y: 4.789.022
Altitud	383 m
Área de la cuenca	337 Km ²
Superficie	63 ha
Capacidad	3,72 hm ³
Profundidad máxima	28,5 m



Parámetros	Campanías		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera		
Temperatura atmosférica (°C)	23	14	5	28	17	14	8	18	18°C	15,80°C	9	16		
Condiciones meteorológicas	Despejado	Nublado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Llovizna	Nublado	Poco nublado	Despejado	Nuboso	Nuboso		
Pluviosidad (l/m ²)	Histórica mensual	70	157	125	124	108,1	74,7	80,9	81,1	44,9	114,7	77,7	81,8	
	Mensual	40	153	298	139	51,2	97,9	194,3	26,1	10,9	119,6	42,5	90,5	
Color de agua	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verde	Verde	Verde	Verde	
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	
Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	
Profundidad máxima (m)	18	16,5	17,6	14,3	11,9	19,7	15,6	18,5	17,2	18,6	16,40	16,40		
Profundidad de disco de Secchi (m)	4,6	2,5	3	3,2	4	2,6	3,1*	4,25	3,25	3,4	3,3	3,35		
Zona fótica (m)	11,5	6,25	7,5	8	10	6,5	7,75	10,63	8,13	8,5	8,25	8,38		
Estratificación	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Sí		
Profundidad de termoclina (m)	2	-	-	2	4	11	-	4	3	-	-	3		
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	60	75	60	65	70	80	65	55	75	145	155	115		
Amonio (mg/l NH ₄)	0,17	0,00	0,01	0,10	0,17	0,95	0,02	0,05	0,004	0,02	0,02	0,05		
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,022	0,120	0,016	0,017	0,023	0,019	0,006	0,003	0,0001	0,003	0,005	0,001		
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,195	0,753	0,540	2,670	0,744	0,629	1,018	0,669	0,160	0,330	0,300	0,169		
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,005	0,013	0,007	0,049	0,023	0,000	0,028	0,048	0,004	0,006	0,003	0,000		
Silicatos (mg/l SiO ₂)	2,50	2,75	2,75	2,65	2,25	4,50	3,38	3,44	0,18	1,36	0,82	0,37		
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,33	0,11	0,06	0,18	0,04	0,15	0,03	0,35	0,02	0,02	0,02	0,02		
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	0,20	0,80	0,50	0,70	0,50	1,80	0,30	0,38	< 0,39	< 0,39	< 0,39	< 0,39		
Clorofila a (µg/l)	1,74	1,82	0,16	2,73	1,05	3,88	3,43	3,80	0,10	3,90	1,30	7,33		
Fitoplancton	Biovolumen (mm ³ /l)	0,04	0,02	0,004	0,08	0,11	0,04	0,004	0,43	1,98	2,74	0,20	1,82	
	Densidad (cel/ml)	403,3	210,9	17,76	10,35	537,48	150,42	11,1	1.250,93	1.246,99	1.673,66	267,06	2.300,20	
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	5,4	5	3,8	-	5,8	11,2	0,2	4,4	42	0,8	3,2	18,4	
	Peso (µg/l)	0,71	0,55	0,98	-	6,28	1,48	0,27	2,14	41,28	2,14	0,08	5,18	
Índice de Grupos Algae	1,04	1,03	1,00	1,06	7,52	1,06	0,32	6,71	4,53	39,20	0,48	124,85		
Porcentaje de Cianobacterias (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,09	0		
Disco de Secchi (m) (min. anual)	2,5	2,5	2	2,5	4	2,6	3,1*	4,25	3,25	3,4	2,7	3,35		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	5,63	7,78	11,34	9,41	5,10	5,19	11,27	8,10	7,45	9,65	10,38	8,63		
Estado Químico	Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno			

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	1,74	1,00	1,82	1,00	0,16	1,00	2,73	0,97	1,05	1,00	3,88	0,77	3,43	0,83	3,80	0,78	0,10	1,00	3,90	0,77	1,30	1,00	7,33	0,49
Biovolumen	0,04	1,00	0,02	1,00	0,004	1,00	0,08	1,00	0,11	1,00	0,04	1,00	0,004	1,00	0,43	1,00	1,98	0,62	2,74	0,46	0,20	1,00	1,82	0,64
BIOMASA	1,00		1,00		1,00		0,98		1,00		0,88		0,92		0,89		0,81		0,61		1,00		0,57	
Índice de Grupos Algae (IGA)	1,04	0,98	1,03	0,98	1,00	0,98	1,06	0,97	7,52	0,61	1,06	0,97	0,32	1,00	6,71	0,66	4,53	0,78	39,20	0,55	0,48	1,00	124,85	0,42
Porcentaje de Cianobacterias	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,99		0,99		0,99		0,99		0,81		0,99		1,00		0,83		0,89		0,78		1,00		0,71	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,994		0,994		0,995		0,985		0,903		0,936		0,958		0,859		0,848		0,695		1,000		0,638	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Bueno		Máximo		Bueno	

Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	87,8	71,9	63,2	79,0	57,3	76,4	53,2	88,6	47,3	47,3	47,3	47,3
TSI Clorofila A	36,0	36,5	12,6	40,5	31,1	43,9	42,7	43,7	8,0	44,0	33,2	50,1
TSI Disco de Secchi	38,0	46,8	44,2	43,2	40,0	46,2	43,7	39,1	43	42,4	42,8	42,6
TROPIC STATE INDEX (TSI)	53,94	51,73	39,99	54,24	42,82	55,51	46,53	57,16	32,79	44,55	41,11	46,69
	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,3	3,0	3,8	3,3	3,5	2,8	3,3	2,8	3,8	3,3	3,8	3,3
	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico

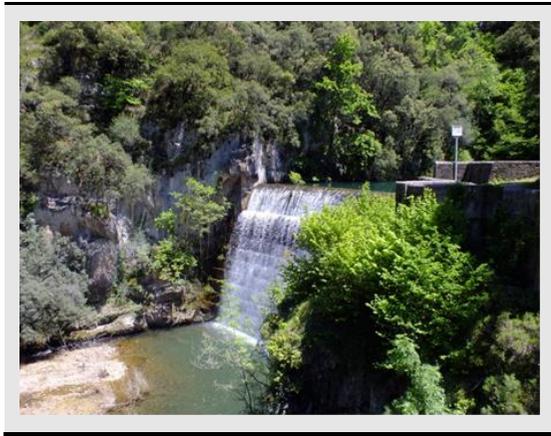
Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA			
2012	1: Verano	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum</i> spp.	No aplica	*				2: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Eudorina</i> spp.	Vc	*						
				<i>Pediastrum boryanum</i>	Chc	*							<i>Pandorina marum</i>	Vc	1,48	0,0013	8,11				
				<i>Scenedesmus</i>	Chc	*							Total Vc	1,48	0,0013	8,11					
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus</i> spp.	Chc	11,84	0,0003	0,75			<i>Asterionella formosa</i>	Dc	15,54	0,0008	4,69						
				<i>Eudorina</i>	Vc	*			<i>Aulacoseira granulata</i>		Dc	*									
				<i>Pandorina</i>	Vc	*			<i>Fragilaria crotonensis</i>		Dc	192,40	0,0144	86,70							
		Cyanobacteria	Cianophyceae	<i>Volvox aureus</i>	Vc	*			<i>Thalassionema frauenfeldii</i>		Dc	*									
				<i>Menisomoedia</i>	Cia	*			Total Dc		207,94	0,0152	91,39								
		Myxozoa	Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp.	D	*			<i>Cocconeis placentula</i>		Dnc	*									
				<i>Asterionella</i>	Dc	*			<i>Encyonema gracile</i>		Dnc	0,74	0,00005	0,27							
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Asterionella</i> spp.	Dc	16,28	0,0005	1,29			<i>Navicula subtilissima</i>	Dnc	0,74	0,00004	0,23						
				<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	182,04	0,0199	47,92			Total Dnc	1,48	0,0001	0,50							
				<i>Fragilaria</i> spp.	Dc	*															
				Total Dc	198,32	0,0204	49,21														
				<i>Cyclotella</i> spp.	Dnc	11,10	0,0044	10,51													
				<i>Encyonema</i> spp.	Dnc	3,70	0,0003	0,72													
				Total Dnc	14,80	0,0047	11,22														
				<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	178,34	0,0161	38,82													
Total Cc	178,34			0,0161	38,82																
Total					403,30	0,0415						1,04									
2013	3: Invierno	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Pediastrum duplex</i>	Chc	*				4: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	Cc	0,74	0,0057	7,00				
				<i>Ulothrix</i> spp.	Dc	*			Total Cc				0,74	0,0057	7,00						
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*			<i>Eudorina elegans</i>		Vc	*									
				<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	0,74	0,0001	2,58	<i>Ulothrix</i> spp.		Dc	*									
				<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*			<i>Asterionella formosa</i>		Dc	734,08	0,0317	39,29							
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*			<i>Fragilaria crotonensis</i>		Dc	*									
				Total Dc	0,74	0,0001	2,58	Total Dc	734,08		0,0317	39,29									
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	0,74	0,0001	2,50	<i>Cocconeis placentula</i>		Dnc	1,48	0,0002	0,23							
		<i>Cyclotella</i> spp.	Dnc	6,66	0,0013	34,44	<i>Cyclotella</i> spp.	Dnc	3,70		0,0005	0,64									
		<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	2,96	0,0009	23,29	<i>Cymbella/Encyonema</i> spp.	Dnc	1,47		0,0004	0,48									
		<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	5,18	0,0007	17,53	<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	*												
		<i>Navicula subtilissima</i>	Dnc	1,48	0,0002	4,04	<i>Synedra ulna</i>	Dnc	2,96		0,0024	2,94									
		<i>Synedra ulna</i>	Dnc	3,70	0,0006	15,63	Total Dnc	9,61	0,0035		4,29										
		Total Dnc	20,72	0,0037	97,42	Cc	639,36	0,0399	49,42												
		Total Cc			21,46	0,0038		Total Cc	639,36		0,0399	49,42									
		Total							1383,79		0,0807		0,99								
		2014	5: Verano	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Pandorina marum</i>	Vc	*					6: Otoño	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum leptocladum</i>	No aplica	*			
						<i>Asterionella formosa</i>	Dc	46,62	0,0037		3,22	<i>Tetraedron</i> spp.				No aplica	3,70	0,0002	0,42		
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc					473,10	0,0972	85,08	<i>Pandorina marum</i>	Vc	0,74	0,0006				1,72					
Ochrophyta	Bacillariophyceae			Total Dc	519,72	0,1009	88,30	Total Vc	0,74	0,0006	1,72										
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*		<i>Asterionella formosa</i>	Dc	29,83	0,0060	16,45									
				<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Dnc	*		<i>Aulacoseira</i> spp.	Dc	2,85	0,0002	0,47									
				<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	0,74	0,00003	0,03	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	85,50	0,0253		69,73							
				<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	0,74	0,00001	0,01	<i>Melosira Varians</i>	Dc	*										
				Total Dnc	1,48	0,00004	0,03	Total Dc	118,18	0,0314	86,65										
<i>Dinobryon divergens</i>	Cc			7,40	0,0004	0,38	<i>Synedra acus</i>	Dnc	1,90	0,0014	3,76										
Total Cc	7,40			0,0004	0,38	Total Dnc	1,90	0,0014	3,76												
<i>Tribonema elegans</i>	Cnc			8,88	0,0129	11,29	Cc	25,90	0,0027	7,46											
Total Cnc	8,88			0,0129	11,29	Total Cc	25,90	0,0027	7,46												
Total					537,48	0,1143				150,42	0,0363			34,81							

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

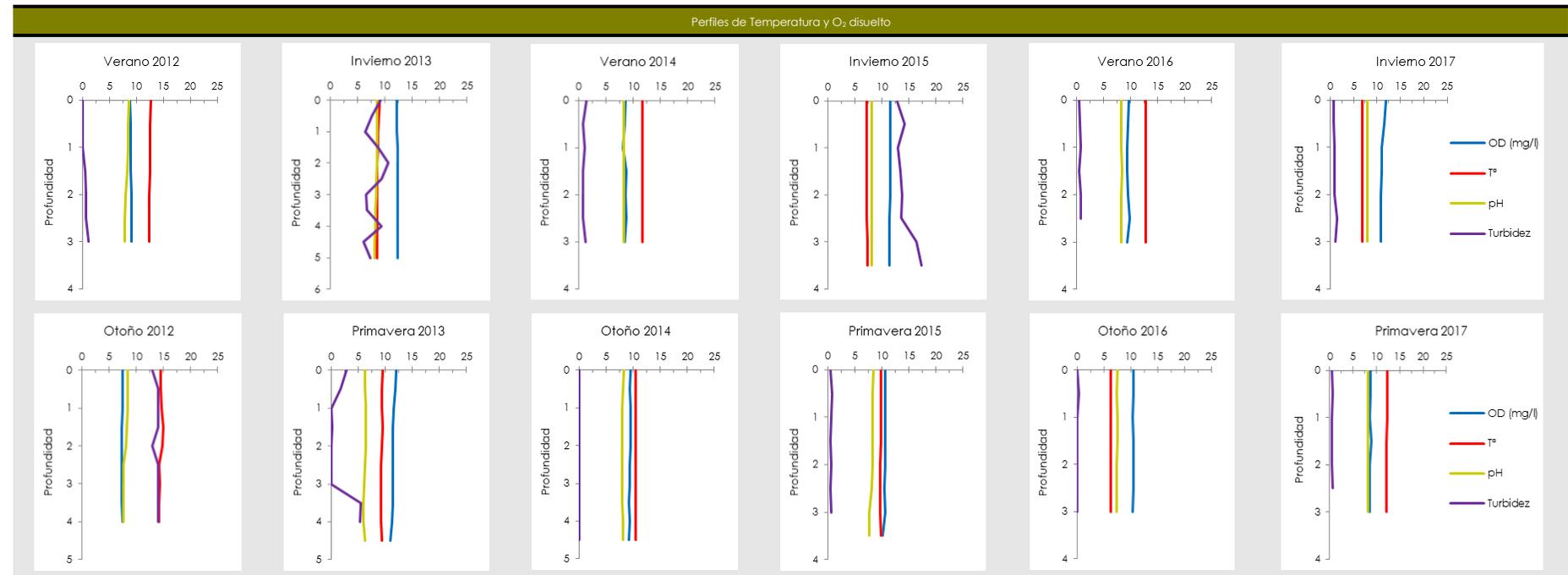
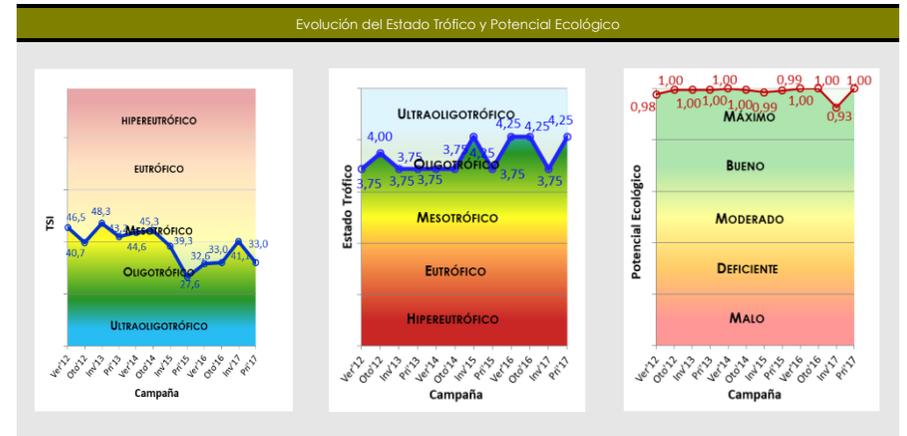
Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA		
2015	7: Invierno	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*				8: Primavera	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Dc	336.65	0.3308	76.76			
				<i>Melosira Varians</i>	Dc	1.48	0.0004	11.63	<i>Aulacoseira granulata</i>				Dc	*						
				<i>Meridion Circulare</i>	Dc	0.74	0.0001	1.81	<i>Fragilaria crotonensis</i>				Dc	*						
				Total Dc		2.22	0.0005	13.44	<i>Rhaicosphenia sp#1</i>				Dc	7.09	0.0007	0.16				
				<i>Amphora ovalis</i>	Dnc	0.74	0.0013	36.30	Total Dc					343.74	0.3315	76.92				
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	0.74	0.0001	2.47	<i>Achnantes sp#1</i>				Dnc	14.17	0.0086	1.99				
				<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	*			<i>Amphora sp#2</i>				Dnc	3.54	0.0034	0.79				
				<i>Encyonema spp.</i>	Dnc	2.96	0.0003	8.49	<i>Cocconeis placentula</i>				Dnc	3.54	0.0030	0.69				
				<i>Gyrodinium attenuatum</i>	Dnc	0.74	0.0005	13.49	<i>Cyclotella sp#2</i>				Dnc	804.43	0.0619	14.36				
				<i>Navicula spp.</i>	Dnc	0.74	0.0003	7.61	<i>Encyonema sp#1</i>				Dnc	17.72	0.0159	3.70				
				<i>Nitzschia sigmaidea</i>	Dnc	0.74	0.0005	14.05	<i>Naviculaceae sp#1</i>				Dnc	7.09	0.0006	0.14				
				<i>Nitzschia spp.</i>	Dnc	2.22	0.0001	4.14	<i>Naviculaceae sp#2</i>				Dnc	3.54	0.0007	0.16				
				<i>Synedra una</i>	Dnc	*			<i>Nitzschia sp#2</i>				Dnc	28.35	0.0018	0.42				
				Total Dnc		8.88	0.0031	86.56	Total Dnc					882.39	0.0959	22.25				
				Total				11.10								0.32	Total			
2016	9: Verano	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Coelastrum sp#1</i>	Chc	*				10	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus linearis</i>	Chc	15.67	0.0010	0.04			
				<i>Pediastrum boryanum</i>	Chc	7.89	0.0001	0.004	Total Chc											
				<i>Scenedesmus linearis</i>	Chc	1.97	0.0001	0.005	<i>Cryptomonas sp#1</i>				Cr	15.67	0.0670	2.44				
				<i>Sphaerocystis sp#1</i>	Chc	95.09	0.0035	0.18	<i>Rhodomonas sp#1</i>				Cr	82.25	0.0032	0.12				
				Total Chc				0.19	Total Cr							2.56				
				<i>Monoraphidium sp#2</i>	Chnc	0.49	0.0006	0.03	<i>Asterionella formosa</i>				Dc	17.17	0.0122	0.44				
				Total Chnc				0.03	<i>Aulacoseira granulata</i>				Dc	1059.03	2.1184	77.25				
				Total Chnc				0.03	<i>Fragilaria crotonensis</i>				Dc	349.19	0.4059	14.80				
				<i>Trebouxioiophyceae</i>	Oocystis sp#1	Chc	*		<i>Melosira sp#1</i>				Dc	5.72	0.0269	0.98				
				<i>Cryptophyta</i>	<i>Cryptomonas sp#1</i>	No aplica	86.82	0.2510	12.69				<i>Rhaicosphenia sp#1</i>	Dc	7.83	0.0014	0.05			
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	8.88	0.0068	0.34	Total Dc							93.53				
				<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	24.66	0.0574	2.90	<i>Cyclotella sp#2</i>				Dnc	101.84	0.0634	2.31				
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	814.47	1.1390	57.60	<i>Encyonema sp#1</i>				Dnc	5.72	0.0021	0.08				
				Total Dc				60.84	<i>Navicula cf rynchcephala</i>				Dnc	*						
				<i>Amphora sp#1</i>	Dnc	4.13	0.0042	0.21	<i>Nitzschia palea</i>				Dnc	3.92	0.0008	0.03				
<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	4.13	0.0028	0.14	<i>Pinnularia sp#1</i>	Dnc	5.72	0.0380	1.39											
<i>Cyclotella cf sp#3</i>	Dnc	194.31	0.5106	25.82	<i>Synedra sp#1</i>	Dnc	*													
<i>Cyclotella sp#1</i>	Dnc	*			<i>Navicula cf sp#1</i>	Dnc	*													
<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	4.13	0.0014	0.07	Total Dnc				3.81											
Total Dnc				26.25	Total Cc				0.07											
Total				1246.99					1.9776	Total								1673.66	2.7423	11.42
2017	11: Invierno	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Rhodomonas sp#1</i>	Cr	74.42	0.0151	7.61		12: Primavera	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Cosmarium sp#3</i>	No aplica	*					
				Total Cr		74.42	0.0151	7.61	<i>Oocystis sp#1</i>				Chc	*						
				<i>Dinoflagelado Peridiniid</i>	D	*			<i>Cryptomonas sp#1</i>				Cr	27.06	0.0334	1.83				
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	2.47	0.0011	0.55	<i>Rhodomonas sp#1</i>				Cr	87.95	0.0083	0.45				
				<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	33.07	0.0330	16.70	Total Cr							115.01	0.0417	2.28		
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	4.13	0.0011	0.53	<i>Asterionella formosa</i>				Dc	27.06	0.0123	0.67				
				<i>Melosira sp#1</i>	Dc	*			<i>Aulacoseira granulata</i>				Dc	27.06	0.0920	5.04				
				<i>Rhaicosphenia sp#1</i>	Dc	*			<i>Fragilaria crotonensis</i>				Dc	2043.12	1.6378	89.76				
				Total Dc		39.68	0.0352	17.78	Total Dc					2097.24	1.7421	95.48				
				<i>Amphora sp#4</i>	Dnc	*			<i>Cocconeis cf pediculus</i>				Dnc	6.77	0.0102	0.56				
				<i>Cocconeis pediculus</i>	Dnc	*			<i>Diatomea sp#4</i>				Dnc	67.65	0.0250	1.37				
				<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	*			Total Dnc					74.42	0.0352	1.93				
				<i>Cyclotella sp#1</i>	Dnc	*			<i>Dinobryon divergens</i>				Cc	13.53	0.0057	0.31				
				<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	4.13	0.0099	5.01	Total Cc					13.53	0.0057	0.31				
				<i>Fam. Naviculaceae sp#6</i>	Dnc	128.16	0.1310	66.18	Total							2300.20	1.8246	124.85		
<i>Fragilaria una</i>	Dnc	*																		
<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	8.27	0.0020	1.04																
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	*																		
<i>Nitzschia linearis</i>	Dnc	*																		
<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	12.40	0.0047	2.38																
Total Dnc				152.97					0.1476	74.61										
Total				267.06					0.1979	0.48										

(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

EMBALSE DE SALIENCIA



Datos generales	
Nombre	Saliencia
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	7
Coordenadas UTM ETRS 89 HUGO30	X: 0.723.673 Y: 4.777.549
Altitud	617 m
Área de la cuenca	62 Km ²
Superficie	0,3 ha
Capacidad	0,02 hm ³
Profundidad máxima	20 m



Parámetros	Campañas		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura atmosférica (°C)	22	4	4	27	16	14	9	14	16	7	8°C	17°C		
Condiciones meteorológicas	Nublado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Nublado	Despejado	Nublado	Nublado	Soleado	Soleado		
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual	58	119	102	96	39,9	56,5	86,2	26,2	39,9	117,1	75,1	85,5	
	Mensual	22	156	225	100	18	78,8	168,8	85,5	7,7	146,3	71,5	112,3	
Color de agua	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verde transparente	Verde	Verde	
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin Olor	Sin olor	
Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
Profundidad máxima (m)	3,0	4,0	5,2	4,5	3,6	4,6	3,6	3,6	3,4	3,0	3,3	3,1		
Profundidad de disco de Secchi (m)	3,0	4,0	3,1*	4,5	3,6	4,6	3,1*	3,6	3,4	3,1*	3,3	3,1		
Zona fótica (m)	3,0	4,0	5,2	4,5	3,6	4,6	3,6	3,6	3,4	3,0	3,3	3,1		
Estratificación	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
Profundidad de termoclina (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	145	140	105	60	16	170	165	170	155	185	255	220		
Amonio (mg/l NH ₄)	0,00	0,00	0,10	0,83	0,39	0,36	0,01	0,11	0,002	0,03	0,01	0,07		
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,023	0,003	0,013	0,024	0,026	0,033	0,006	0,003	0,002	0,005	0,002	0,003		
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,000	0,000	0,563	1,108	0,842	2,430	0,017	1,504	0,420	0,460	0,310	0,288		
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,000	0,000	0,003	0,016	0,092	0,030	0,007	0,018	0,004	0,003	0,003	0,003		
Silicatos (mg/l SiO ₂)	2,45	2,15	1,75	1,75	2,50	2,50	4,09	1,24	0,56	0,60	0,84	0,92		
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,20	0,05	0,04	0,15	0,15	0,17	0,03	1,75	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	1,00	0,40	0,80	0,50	0,70	1,30	0,45	0,70	1,40	0,46	<0,39	<0,39		
Clorofila a (µg/l)	0,21	0,39	1,65	0,20	0,21	0,33	0,37	0,00	0,10	0,10	1,30	0,10		
Fitoplancton	Biovolumen (mm³/l)	0,035	0,003	0,022	0,011	0,002	0,002	0,006	0,057	0,060	0,047	0,197	0,045	
	Densidad (cel/ml)	32,56	21,46	21,45	26,64	16,28	8,88	22,94	53,97	19,04	49,99	254,54	82,34	
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	0,6	0,2	0,2	0,2	1	-	-	2,6	-	-	1	3	
	Peso (µg/l)	0,65	0,001	0,04	0,41	0,54	-	-	2,6	-	-	1,63	5,19	
Índice de Grupos Algae	1,00	0,99	0,99	0,99	0,01	1,00	1,63	0,22	0,01	0,08	5,76	0,64		
Porcentaje de Cianobacterias (%)	4,69	0	0	0	0	0	0	2,32	0	0	0	0		
Disco de Secchi (m) (mín. anual)	3,1	4,0	3,1	4,5	3,6	4,6	3,6	3,6	3,4	3,0	3,3	3,1		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	8,97	7,39	12,27	11,49	8,48	9,32	11,48	10,55	9,49	10,46	11,14	8,66		
Estado Químico	Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno			

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	0,21	1	0,39	1	1,65	1	0,20	1	0,21	1	0,33	1	0,37	1	0,00	1	0,10	1	0,10	1	1,30	1	0,10	1
Biovolumen	0,035	1	0,003	1	0,022	1	0,011	1	0,002	1	0,002	1	0,006	1	0,057	1	0,060	1	0,047	1	0,197	1	0,045	1
BIOMASA	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Índice de Grupos Algae (IGA)	1,00	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98	0,01	1,00	0,98	1,63	0,94	0,22	1	0,01	1	0,08	1	5,76	0,71	0,64	0,1	
Porcentaje de Cianobacterias	4,69	0,95	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	2,32	0,98	0	1	0	1	0	1	0	1
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,96		0,99		0,99		0,99		1,00		0,99		0,97		0,98		1,00		1,00		0,85		1,00	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,978		0,995		0,995		0,995		1,000		0,995		0,986		0,992		1,000		1,000		0,927		1,000	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo	

Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	80,6	60,6	57,3	76,4	76,4	78,2	53,2	111,8	47,3	47,3	47,3	47,3
TSI Clorofila A	15,3	21,4	35,5	14,8	15,3	19,7	20,8	8,0	8,0	8,0	33,2	8,0
TSI Disco de Secchi	43,7	40,0	43,7	38,3	42,1	38	43,7	41,5	42,4	43,7	42,8	43,7
TROPIC STATE INDEX (TSI)	46,51	40,65	48,26	43,18	44,59	45,31	39,25	27,61	32,58	33,02	41,11	33,02
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,8	4,0	3,8	3,8	3,8	3,8	4,3	3,8	4,3	4,3	3,8	4,3
	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Ultraoligotrófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Ultraoligotrófico

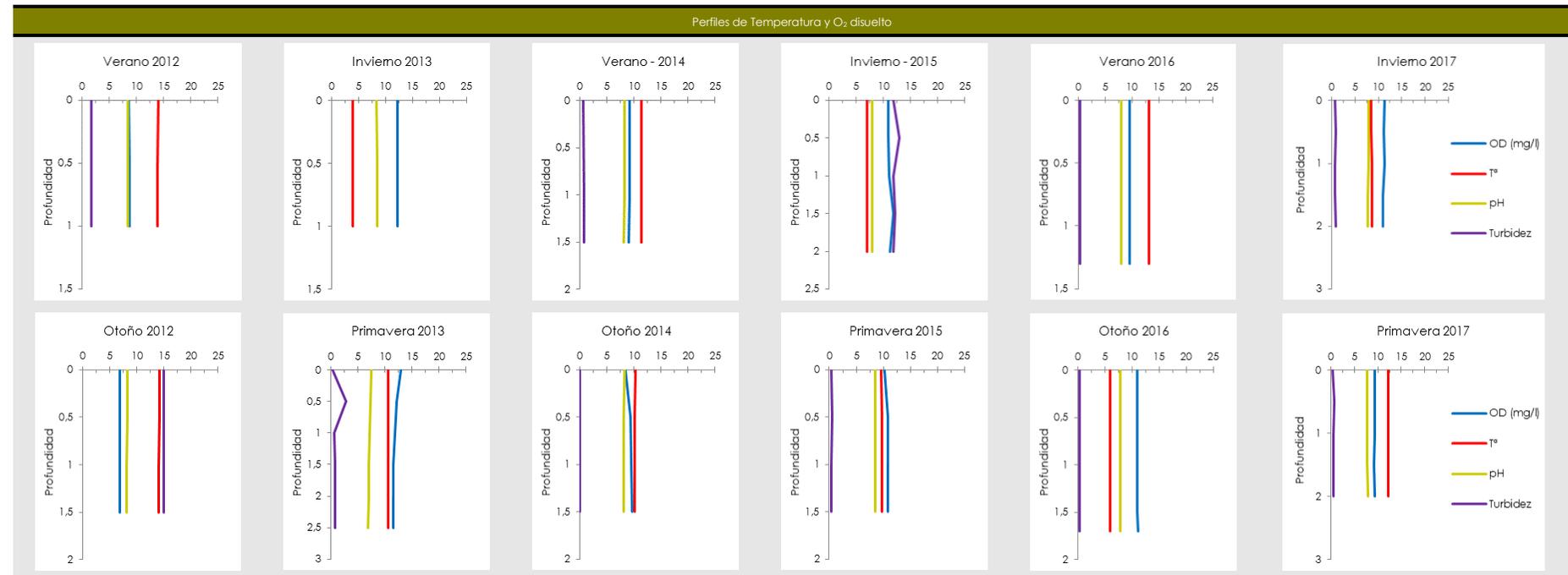
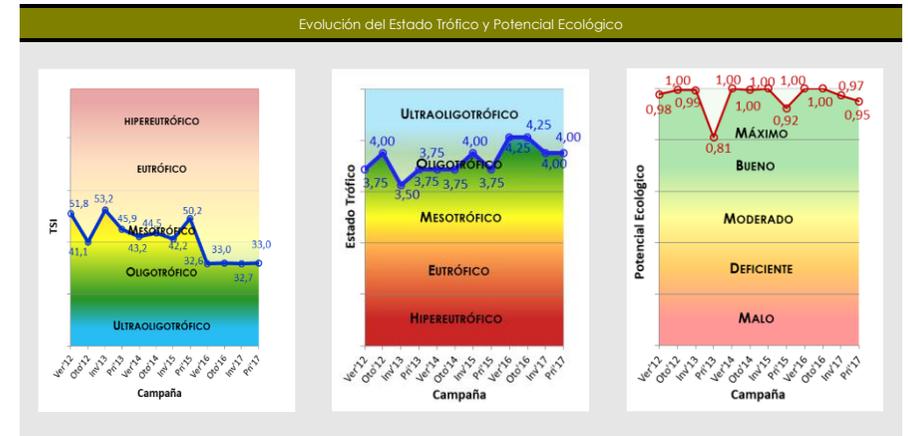
Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA				
2015	7: Invierno	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum leptocladum</i>	No aplica	*				8: Primavera	-	-	<i>Organismo sin identificar #5</i>	No aplica	0,82	0,0003	0,59					
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	0,74	0,00003	0,57	Charophyta		Conjugatophyceae	<i>Closterium sp#1</i>	Chnc	*								
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Meridion Circulare</i>	Dc	8,88	0,0013	22,88	Chlorophyta		Chlorophyceae	<i>Coelastrum sp#3</i>	Chc	*								
				Total Dc		9,62	0,0013	23,46				<i>Monoraphidium sp#1</i>	Chnc	*								
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*			Cyanobacteria		Cyanophyceae	<i>Limnothrix sp#1</i>	Cia	3,27	0,0013	2,32						
				<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	2,96	0,0012	21,57				Total Cia		3,27	0,0013	2,32						
				<i>Encyonema spp.</i>	Dnc	2,22	0,0003	5,22	Myzozoa		Dinophyceae	<i>Ceratium hirundinella</i>	D	*								
				<i>Gomphonema olivaceum</i>	Dnc	0,74	0,00004	0,67				<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*								
				<i>Navicula lanceolata</i>	Dnc	*						<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	2,45	0,0011	1,93						
				<i>Navicula spp.</i>	Dnc	5,92	0,0017	29,63				<i>Limnophora sp#1</i>	Dc	0,82	0,0006	1,01						
	<i>Synedra ulna</i>	Dnc	1,48	0,0011	19,45			<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc	11,45	0,0011	1,97										
	Total Dnc		13,32	0,0043	76,54			Total Dc		14,72	0,0028	4,91										
	2016	9: Verano	Chlorophyta	Trebouxiophyceae	<i>Oocystis sp#1</i>	Chc	*				10: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Monoraphidium cf contortum</i>	Chnc	1,69	0,0010	2,06				
					<i>Spirulina sp#1</i>	Cia	*							<i>Monoraphidium sp#2</i>	Chnc	1,69	0,0024	5,10				
			Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Spirulina sp#2</i>	Cia	*						Total Chnc				7,16					
					<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*					Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Spirulina sp#1</i>	Cia	*						
					<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*							<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*						
					<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc	*						<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*							
					<i>Amphora sp#1</i>	Dnc	0,55	0,0006	0,94				<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc	8,27	0,0015	3,25					
					<i>Amphora sp#2</i>	Dnc	*						<i>Tabellaria sp#2</i>	Dc	*							
<i>Cocconeis cf pediculus</i>					Dnc	3,87	0,0110	18,43				Total Dc					3,25					
<i>Cocconeis placentula</i>					Dnc	*						<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	3,38	0,0021	4,38						
<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	1,11	0,0038	6,31			<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	6,77	0,0290	61,94											
<i>Craicula ambigua</i>	Dnc	0,55	0,0007	1,14			<i>Cymbella sp#1</i>	Dnc	1,69	0,0001	0,01											
<i>Diatoma sp#1</i>	Dnc	4,13	0,0237	39,55			<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	4,13	0,0015	3,30											
<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	*					<i>Fam. Naviculaceae sp#6</i>	Dnc	*													
<i>Entomoneis sp</i>	Dnc	0,55	0,0122	20,42			<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	8,27	0,0028	6,09											
<i>Gomphonema sp#4</i>	Dnc	*					<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	12,40	0,0061	13,12											
<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	8,27	0,0079	13,21			<i>Navicula sp#1</i>	Dnc	*													
Total Dnc				100,00			<i>Navicula sp#1</i>	Dnc	*													
Total				19,04	0,0599		Total			49,99	0,0468		0,08									

(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

EMBALSE DE SOMIEDO



Datos generales	
Nombre	Somiedo
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	7
Coordenadas UTM ETRS 89 Huso30	X: 0.723.606 Y: 4.777.578
Altitud	616 m
Área de la cuenca	82 Km ²
Superficie	0,29 ha
Capacidad	0,019 hm ³
Profundidad máxima	24 m

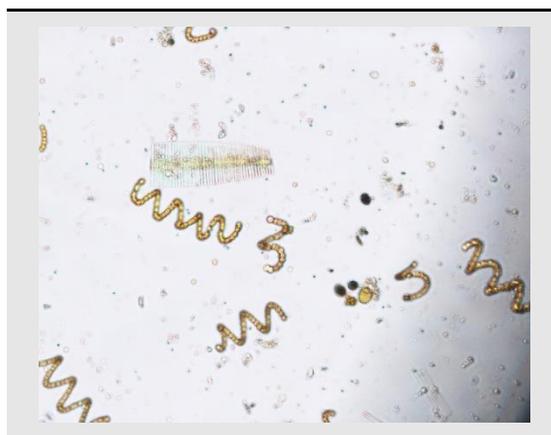


Parámetros	Campanas		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura atmosférica (°C)	22	5	4	27	16	14	6	14	16	8	8	16		
Condiciones meteorológicas	Nublado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Nublado	Despejado	Nublado	Nublado	Soleado	Soleado		
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual		102	96	39,9	56,5	86,2	26,2	39,9	117,1	75,1	85,5		
	Mensual		225	100	18	78,8	168,8	85,5	7,7	146,3	71,5	112,3		
Color de agua	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Turquesa	Verdoso	Transparente	Verdoso	Verde	Verde-azulado		
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor		
Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Profundidad máxima (m)	1,5	1,6	1,5	2,5	1,9	1,8	2,0	2,1	1,3	1,7	2,0	1,8		
Profundidad de disco de Secchi (m)	1,5	1,6	1,5	2,5	1,9	1,8	2,0	2,1	1,3	1,7	2,0	1,8		
Zona fótica (m)	1,5	1,6	1,5	2,5	1,9	1,8	2,0	2,1	1,3	1,7	2,0	1,8		
Estratificación	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Profundidad de termoclina (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	145	115	100	100	140	135	105	-	170	220	280	245		
Amonio (mg/l NH ₄)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,37	0,21	0,01	0,08	0,01	0,02	0,005	0,04		
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,019	0,015	0,009	0,009	0,032	0,063	0,005	0,004	0,002	0,003	0,001	0,003		
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,000	0,000	0,598	0,598	0,660	1,976	1,371	0,762	0,620	0,320	0,270	0,340		
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,000	0,000	0,016	0,016	0,013	0,023	0,006	0,018	0,004	0,003	0,003	0,009		
Silicatos (mg/l SiO ₂)	3,20	2,50	1,80	1,80	2,60	2,55	4,55	1,48	0,52	0,93	0,56	0,83		
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,30	0,05	0,16	0,16	0,06	0,11	0,04	0,82	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	0,90	0,30	0,40	8,60	0,60	1,10	0,40	0,44	1,30	<0,39	<0,39	<0,39		
Clorofila a (µg/l)	0,59	0,45	2,28	0,42	0,52	0,49	0,60	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10		
Fitoplancton	Biovolumen (mm ³ /l)	0,035	0,003	0,013	0,014	0,004	0,002	0,007	0,048	0,028	0,089	0,213	0,146	
	Densidad (cel/ml)	35,56	21,46	31,08	15,54	49,58	6,34	22,20	77,08	16,03	57,06	128,83	185,96	
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	0,6	0,2	-	0,2	0,8	0,2	-	-	-	-	0,8	2,8	
	Peso (µg/l)	0,65	0,001	-	0,41	2,06	0,001	-	-	-	-	0,06	3,26	
Índice de Grupos Algae	1,00	0,99	1,00	1,04	0,40	1,00	0,26	1,33	0,22	0,09	2,45	4,18		
Porcentaje de Cianobacterias (%)	4,69	0	0	67,84	0	0	0	18,43	0	0	0	0		
Disco de Secchi (m) (min. anual)	1,5	1,6	1,5	2,5	1,9	1,8	2	2,1	1,3	1,7	2	1,8		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	8,66	6,91	12,23	11,88	9,10	9,26	11,47	10,65	9,52	10,97	11,15	9,28		
Estado Químico	Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno	

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	0,59	1	0,45	1	2,28	1	0,42	1	0,52	1	0,49	1	0,60	1	0	1	0,10	1	0,10	1	0,10	1	0,10	1
Biovolumen	0,035	1	0,003	1	0,013	1	0,014	1	0,004	1	0,002	1	0,007	1	0,048	1	0,028	1	0,089	1	0,213	1	0,146	1
BIOMASA	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Índice de Grupos Algae (IGA)	1,00	0,98	0,99	0,98	1,00	0,98	1,04	0,98	0,40	1,00	1,00	0,98	0,26	1,00	1,33	0,96	0,22	1,00	0,09	1,00	2,45	0,90	4,18	0,80
Porcentaje de Cianobacterias	4,69	0,93	0,00	1,00	0,00	1,00	67,84	0,27	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	18,43	0,74	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,96		0,99		0,99		0,62		1,00		0,99		1,00		0,85		1,00		1,00		0,95		0,90	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,978		0,995		0,994		0,811		1,000		0,995		1,000		0,924		1,000		1,000		0,974		0,950	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo	

Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	86,4	60,6	77,3	77,3	63,2	71,9	57,3	100,9	47,3	47,3	47,3	47,3
TSI Clorofila A	25,4	22,8	38,7	22,1	24,2	23,6	25,6	8	8	8	8	8
TSI Disco de Secchi	43,7	43,7	43,7	38,3	42,10	38,0	43,7	41,5	42,4	43,7	42,8	43,7
TROPIC STATE INDEX (TSI)	51,84	41,12	53,24	45,92	43,15	44,51	42,21	50,15	32,58	33,02	32,72	33,02
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,8	4,0	3,5	3,8	3,8	3,8	4,0	3,8	4,3	4,3	4,0	4,0
	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Ultraoligotrófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico



Anabaena sp., observadas en las muestras de 2012.

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA						
2012	1: Verano	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	Chc	*				2: Otoño	Myzozoa	Dinophyceae	<i>Peridinium cf. cinctum</i>	D	0,74	0,0031	30,93							
			Ulvophyceae	<i>Ulothrix</i>	Dc	*							Total D	0,74	0,0031	30,93								
			Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena</i>	Cia	1,48	0,0016	4,69				Dc	0,74	0,0020	19,50								
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	Total Cia			1,48	0,0016	4,69		Dc	*												
					Myzozoa	Dinophyceae	<i>Prorocentrum spp.</i>	D	*				Total Dc	0,74	0,0020	19,50								
							<i>Fragilaria capuccina</i>	Dc	5,92		0,0005	1,79	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	14,80	0,0007	7,27							
		<i>Fragilaria spp.</i>	Dc	*					<i>Diatoma vulgare</i>		Dnc	*												
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Pleurosigma spp.</i>	Dc	1,48	0,0085	24,24	<i>Encyonema gracile</i>		Dnc	0,74	0,00003	0,28										
				Total Dc	7,40	0,0092	26,03	<i>Gyrosigma spp.</i>	Dnc		0,74	0,0022	21,68											
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	11,84	0,0175	49,76	<i>Synedra ulna</i>		Dnc	2,96	0,0020	19,57										
				<i>Diatomea pennada</i>	Dnc	7,40	0,0004	1,18	Total Dnc		19,24	0,0050	48,80											
				<i>Navicula spp.</i>	Dnc	*			<i>Dinobryon divergens</i>		Cc	0,74	0,0001	0,76										
				<i>Nitzschia spp.</i>	Dnc	4,44	0,0065	18,35	Total Cc		0,74	0,0001	0,76											
				Total Dnc	23,68	0,0244	69,28																	
				Chrysophyceae	<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	*																	
Total						32,56	0,0352					21,46	0,0102	0,99										
2013	3: Invierno			Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium accutum</i>	No aplica	*				4: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	*							
		<i>Meridion Circulare</i>	Dc		*			<i>Mougeotia spp.</i>	No aplica	*														
		Cyanobacteria	Cyanophyceae		<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*			<i>Oscillatoria spp.</i>	Cia			2,22	0,0096	67,89								
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Dnc	*			Total Cia	2,22	0,0096		67,89											
				<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	22,20	0,0057	43,02	Dnc	*														
				<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	2,96	0,0009	7,16	<i>Amphora ovalis</i>	Dnc	*													
				<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Dnc	0,74	0,0027	20,38	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	0,74		0,0002	1,66										
				<i>Synedra ulna</i>	Dnc	5,18	0,0039	29,44	<i>Cymbella lanceolata</i>	Dnc	0,74		0,0016	11,63										
				Total Dnc	31,08	0,0133	100,00	<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	2,96	0,0016		11,20											
				Chrysophyceae	<i>Gomphonema geminatum</i>	Dnc	*			<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Dnc		*											
					Total			31,08	0,0133						15,54	0,0141	1,04							
				2014	5: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	*					6: Otoño	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	*				
							Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Oscillatoria spp.</i>	Cia	*						<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*					
		<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc				9,62	0,0013	34,84	<i>Fragilaria capuccina</i>	Dc		*											
		Ochrophyta	Bacillariophyceae			<i>Craffcula spp.</i>	Dnc	*			<i>Fragilaria crotonensis</i>		Dc	*										
<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc					0,74	0,0006	16,39	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	1,48	0,0001	5,27											
<i>Didymosphenia geminata</i>	Dnc					*			<i>Cymatopleura solea</i>	Dnc	*													
<i>Encyonema gracile</i>	Dnc					7,40	0,0006	15,42	<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	1,48	0,0003	10,62											
<i>Gyrosigma spp.</i>	Dnc					*			<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Dnc	*													
<i>Navicula spp.</i>	Dnc					*			<i>Navicula spp.</i>	Dnc	0,95	0,0003	13,44											
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc					9,62	0,0004	11,45	<i>Synedra ulna</i>	Dnc	0,95	0,0017	66,97											
<i>Nitzschia spp.</i>	Dnc					20,72	0,0002	5,79	Total Dnc	4,86	0,0024	96,30												
<i>Synedra ulna</i>	Dnc					1,48	0,0006	16,11	<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	1,48	0,0001	3,70											
Total Dnc	49,58					0,0037	100,00	Total Cc	1,48	0,0001	3,70													
Chrysophyceae	<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	*									6,34	0,0025	0,26										
	Total					49,58	0,0037					6,34	0,0025	0,26										

(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA		
2015	7: Invierno	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum leptocladum</i>	No aplica	*				Charophyta	Conjugatophyceae	Chlorophyceae	<i>Closterium sp#1</i>	Chnc	*					
				<i>Meridion Circulare</i>	Dc	1,48	0,0002	3,34	<i>Coelastrum sp#3</i>				Chc	*						
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*					Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chlorophyceae	<i>Monoraphidium sp#1</i>	Chnc	*				
				<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	2,22	0,0006	7,97	<i>Limnoria sp#1</i>	Cia				21,26	0,0086	17,84				
				<i>Encyonema lanceolata</i>	Dnc	8,14	0,0030	42,05	<i>Spirulina sp#1</i>	Cia				5,32	0,0003	0,57				
				<i>Encyonema spp.</i>	Dnc	*			Total Cia	26,58				0,0088	18,43					
				<i>Navicula lanceolata</i>	Dnc	*			Myzozoa	Dinophyceae				<i>Ceratium hirundinella</i>	D	*				
				<i>Navicula spp.</i>	Dnc	8,88	0,0032	45,55						<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*				
				<i>Nitzschia spp.</i>	Dnc	1,48	0,0001	1,10						<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	7,09	0,0032	6,62		
				<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*								<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc	7,09	0,0007	1,44		
				Total Dnc	20,72	0,0069	96,66	<i>Tabellaria sp#1</i>						Dc	0,89	0,0012	2,48			
								Total Dc						15,06	0,0051	10,54				
		2015	8: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Achnanthes sp#1</i>	Dnc	0,89	0,0005	1,12	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Chlorophyceae	<i>Amphora sp#1</i>	Dnc	5,32	0,0080	16,58		
						<i>Amphora sp#2</i>	Dnc	0,89	0,0009	1,78				<i>Amphora sp#2</i>	Dnc	0,89	0,0009	1,78		
				Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	4,43	0,0037	7,69	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	4,43	0,0037	7,69					
						<i>Cratichia ambigua</i>	Dnc	*			<i>Cratichia ambigua</i>	Dnc	*							
						<i>Cyclotella sp#1</i>	Dnc	*			<i>Cyclotella sp#1</i>	Dnc	*							
						<i>Diatoma sp#1</i>	Dnc	1,77	0,0088	18,36	<i>Diatoma sp#1</i>	Dnc	1,77	0,0088	18,36					
						<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	9,75	0,0088	18,28	<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	9,75	0,0088	18,28					
						<i>Fragilariopsis sp#1</i>	Dnc	0,89	0,0014	2,82	<i>Fragilariopsis sp#1</i>	Dnc	0,89	0,0014	2,82					
<i>Gyrodinium sp#1</i>	Dnc					*			<i>Gyrodinium sp#1</i>	Dnc	*									
<i>Navicula sp#1</i>	Dnc					*			<i>Navicula sp#1</i>	Dnc	*									
<i>Naviculaceae sp#1</i>	Dnc					0,89	0,0001	0,15	<i>Naviculaceae sp#1</i>	Dnc	0,89	0,0001	0,15							
<i>Naviculaceae sp#10</i>	Dnc					*			<i>Naviculaceae sp#10</i>	Dnc	*									
<i>Naviculaceae sp#2</i>	Dnc			2,66	0,0005	1,06	<i>Naviculaceae sp#2</i>	Dnc	2,66	0,0005	1,06									
<i>Naviculaceae sp#4</i>	Dnc			2,66	0,0009	1,93	<i>Naviculaceae sp#4</i>	Dnc	2,66	0,0009	1,93									
<i>Naviculaceae sp#6</i>	Dnc			0,89	0,0004	0,80	<i>Naviculaceae sp#6</i>	Dnc	0,89	0,0004	0,80									
<i>Naviculaceae sp#7</i>	Dnc			*			<i>Naviculaceae sp#7</i>	Dnc	*											
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc			1,77	0,0005	0,10	<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	1,77	0,0005	0,10									
<i>Nitzschia sp#1</i>	Dnc			*			<i>Nitzschia sp#1</i>	Dnc	*											
<i>Nitzschia sp#2</i>	Dnc			2,66	0,0002	0,36	<i>Nitzschia sp#2</i>	Dnc	2,66	0,0002	0,36									
<i>Pinnularia sp#1</i>	Dnc			*			<i>Pinnularia sp#1</i>	Dnc	*											
<i>Synedra sp#1</i>	Dnc	*			<i>Synedra sp#1</i>	Dnc	*													
Total Dnc	35,44	0,0341	71,03	Total Dnc	35,44	0,0341	71,03													
Total			22,20	0,0071				0,26	Total			77,08	0,0480			1,33				
2016	9: Verano	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Monoraphidium sp#2</i>	Chnc	1,55	0,0018	6,71	Chlorophyta	Conjugatophyceae	Chlorophyceae	<i>Cosmarium sp#1</i>	Chnc	4,38	0,0102	11,56				
				Total Chnc	6,71	Total Chnc	11,56													
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Oocystis sp#1</i>	Chc	*			Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Monoraphidium cf. contortum</i>	Chnc	7,70	0,0044	4,96					
				<i>Spirulina sp#1</i>	Cia	*					<i>Monoraphidium sp#2</i>	Chnc	2,57	0,0036	4,09					
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Spirulina sp#2</i>	Cia	*			Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Spirulina sp#2</i>	Cia	*							
				<i>Achnanthes sp#1</i>	Dc	4,13	0,0024	8,65			Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Oocystis sp#1</i>	Chc	*					
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*							<i>Cryptomonas sp#1</i>	Cr	4,38	0,0187	21,14			
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*							Total Cr	4,38	0,0187	21,14				
				<i>Fragilaria ulna</i>	Dc	0,39	0,0030	10,98					Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Spirulina sp#1</i>	Cia	*			
				<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc	0,39	0,0001	0,24							<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*			
				Total Dc	19,87	Total Dc	19,87	<i>Fragilaria crotonensis</i>					Dc	*			<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc	8,76	0,0016
				<i>Amphora sp#1</i>	Dnc	0,78	0,0008	2,89			<i>Tabellaria sp#2</i>	Dc	*							
				<i>Amphora sp#2</i>	Dnc	*					Total Dc	8,76	0,0016	1,82						
				<i>Cocconeis pediculus</i>	Dnc	1,16	0,0033	12,07			Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Amphora sp#2</i>	Dnc	4,38	0,0044	4,92			
		<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*			<i>Cocconeis pediculus</i>	Dnc	2,57	0,0039			4,39							
		<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	1,16	0,0040	14,47	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	5,13	0,0031			3,52							
		<i>Cratichia ambigua</i>	Dnc	0,39	0,0005	1,75	<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	2,57	0,0110			12,42							
		<i>Diatoma sp#1</i>	Dnc	*			<i>Cratichia ambigua</i>	Dnc	2,57	0,0035			3,92							
		<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	0,39	0,0001	0,48	<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	4,38	0,0016			1,85							
		<i>Fam. Naviculaceae sp#6</i>	Dnc	4,13	0,0114	41,38	<i>Fam. Naviculaceae sp#6</i>	Dnc	2,57	0,0050			5,62							
<i>Gomphonema sp#4</i>	Dnc	*			<i>Gomphonema sp</i>	Dnc	2,57	0,0058	6,58											
<i>Navicula cf. cryptocephala</i>	Dnc	*			<i>Navicula sp#1</i>	Dnc	*													
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	1,55	0,0001	0,38	<i>Nitzschia linearis</i>	Dnc	2,57	0,0117	13,23											
Total Dnc	73,43	Total Dnc	73,43	<i>Ulnaria ulna</i>	Dnc	*														
Total			16,03	0,0275	Total			57,06	0,0886			0,09								

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA				
2017	11: Invierno	Cryptophyta	Cryptophyceae	Rhodomonas sp#1	Cr	*				12: Primavera	Chlorophyta	Chlorophyceae	cf. Monoraphidium sp#3	Chnc	0,87	0,0014	0,96					
				Cyanobacteria	Cyanophyceae	Spirulina sp#1	Cia	*							Monoraphidium sp#2	Chnc	4,65	0,0048	3,29			
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes sp#2	Dc	*						Total Chnc				4,25						
				Rhoicosphenia sp#1	Dc	24,81	0,0044	2,04				Atriospira sp	Cia	*								
				Total Dc				2,04				Cianoficea coccal sp#1	Cia	*								
				Amphora sp#1	Dnc	14,88	0,0266	12,50				Amphora sp#1	Dc/Dnc	4,65	0,0047	3,25						
				Amphora sp#2	Dnc	*						Encyonema sp#1	Dc/Dnc	9,30	0,0035	2,44						
				Cocconeis cf. placentula	Dnc	0,96	0,0003	0,14				Encyonema sp#2	Dc/Dnc	4,65	0,0041	2,81						
				Cocconeis pediculus	Dnc	1,92	0,0050	2,37				Achnanthes sp#1	Dc	13,95	0,0087	6,01						
				Cocconeis scutellum	Dnc	4,96	0,0076	3,55				Fragilaria crotonensis	Dc	102,54	0,0822	56,48						
				Diatoma ehrenbergii	Dnc	4,96	0,0125	5,86				Melosira sp#1	Dc	*								
				Diatoma sp#1	Dnc	24,81	0,1137	53,39				Rhoicosphenia sp#1	Dc	4,65	0,0008	0,54						
				Encyonema sp#1	Dnc	19,84	0,0050	2,37				Total Dc				71,53						
		Fam. Naviculaceae sp#6	Dnc	0,96	0,0023	1,08			Cocconeis cf. pediculus		Dnc	4,65	0,0070	4,82								
		Fragilaria cf. ulna	Dnc	4,96	0,0163	7,63			Cocconeis cf. placentula		Dnc	*										
		Fragilariopsis sp#1	Dnc	*					Cocconeis cf. scutellum		Dnc	9,30	0,0099	6,78								
		Hannaea sp#1	Dnc	0,96	0,0019	0,90			Diatoma sp#1		Dnc	*										
	Navicula cf. cryptocephala	Dnc	*					Diatomea sp#4	Dnc	9,30	0,0034	2,36										
	Nitzschia acicularis	Dnc	*					Fam. Naviculaceae sp#1	Dnc	4,65	0,0004	0,30										
	Nitzschia linearis	Dnc	*					Fam. Naviculaceae sp#13	Dnc	*												
	Nitzschia palea	Dnc	9,92	0,0038	1,77			Fam. Naviculaceae sp#4	Dnc	*												
	Nitzschia sp#1	Dnc	14,88	0,0136	6,39			Fam. Naviculaceae sp#6	Dnc	1,74	0,0047	3,25										
	Total Dnc				97,96			Gomphonema sp#3	Dnc	4,65	0,0016	1,11										
	Total				128,83	0,2130		2,46	Nitzschia palea	Dnc	4,65	0,0011	0,77									
									Ulmaria ulna	Dnc	1,74	0,0070	4,84									
									Total Dnc				32,72									
									Total				185,96	0,1455					4,18			

(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

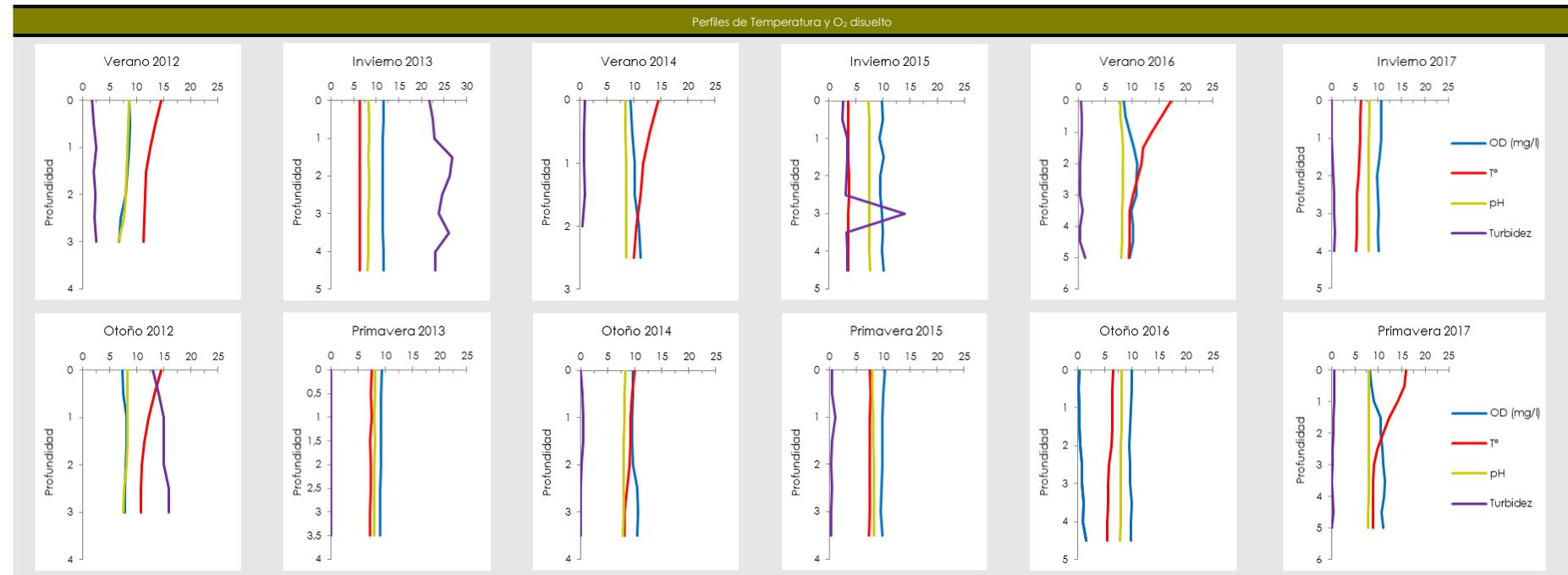
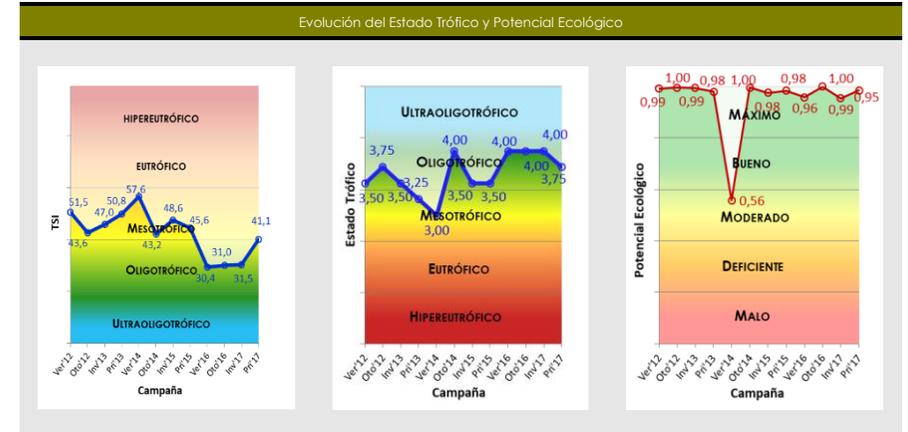


Gyrosigma sp., observada en las muestras de 2014.

EMBALSE DE VALLE I



Datos generales	
Nombre	Valle I
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	7
Coordenadas UTM ETRS 89 Huso30	X: 0.727.327 Y: 4.772.932
Altitud	1192 m
Área de la cuenca	39 Km ²
Superficie	1,8 ha
Capacidad	0,04 hm ³
Profundidad máxima	10 m



Parámetros	Campañas		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura atmosférica (°C)	14	7	4	18	14	15	5	12	12	8	8°C	21°C		
Condiciones meteorológicas	Nublado	Despejado	Nublado	Despejado	Soleado	Nuboso								
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual	58	119	102	96	39,9	26,2	39,9	86,2	39,9	117,1	85,5	75,1	85,5
	Mensual	22	156	225	100	18	78,8	168,8	85,5	7,7	146,3	71,5	112,3	112,3
Color de agua	Verdoso	Verdoso	Marrón	Verde	Verde	Verde	Verdoso	Verde	Verdoso	Verde	Verdoso	Verde	Verde	Verde
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin Olor	Sin Olor
Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Profundidad máxima (m)	5,4	3,4	5	4,5	4,6	4,1	5	4,1	5,4	4,7	4,3	5	5	5
Profundidad de disco de Secchi (m)	3,4	3,4	3,1*	4,5	4,6	4,1	3,1	4,1	5,4	4,7	4,3	5	5	5
Zona fótica (m)	5,4	3,4	5	4,5	4,6	4,1	5	4,1	5,4	4,7	4,3	5	5	5
Estratificación	Sí	No	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	No	No	No	No
Profundidad de termoclina (m)	1,5	-	-	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	135	0	85	75	130	135	185	120	25	255	180	200		
Amonio (mg/l NH ₄)	0,00	0,00	0,00	0,28	0,68	0,45	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04		
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,025	0,001	0,014	0,023	0,013	0,039	0,006	0,005	0,003	0,002	0,003	0,001		
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,000	0,000	0,740	0,341	0,567	0,758	1,511	0,836	0,230	0,250	0,250	0,172		
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,000	0,000	0,000	0,016	0,010	0,010	0,006	0,013	0,006	0,003	0,003	0,005		
Silicatos (mg/l SiO ₂)	2,40	1,95	1,50	1,40	9,00	1,35	3,90	1,38	0,27	0,58	0,49	0,31		
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,21	0,04	0,04	0,12	0,17	0,07	0,05	0,36	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	0,60	0,30	0,80	3,20	0,10	1,50	0,39	0,26	1,60	<0,39	<0,39	<0,39		
Clorofila a (µg/l)	1,03	0,88	2,60	2,88	14,29	0,53	3,03	0,10	0,10	0,10	0,10	2,40		
Fitoplancton	Biovolumen (mm³/l)	0,18	0,04	0,06	0,11	9,08	0,01	0,03	0,25	0,08	0,03	0,09		
	Densidad (cel/ml)	43,39	37,74	25,90	45,14	38,92	17,76	99,90	325,23	420,72	101,62	245,01		
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	29	0,8	0,6	0,8	0,8	21	-	48,8	1,6	-	4,8		
	Peso (µg/l)	41,2	0,45	1,02	0,59	0,31	63,73	-	105,1	8,85	-	2,22		
Índice de Grupos Algales	1,00	0,92	1,01	0,83	3,40	0,99	0,16	0,32	2,68	0,10	0,79	1,32		
Porcentaje de Cianobacterias (%)	0,61	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	4,76	3,76	0,01	12,31	0,15		
Disco de Secchi (m) (mín. anual)	3,4	3,4	3,1	3,1	4,6	4,1	3,1	4,1	5,4	4,7	4,3	5		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	7,92	7,80	11,52	9,18	9,32	9,63	9,75	9,80	10,28	9,77	10,23	10,26		
Estado Químico	-													

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	1,03	1	0,88	1	2,60	1	2,88	0,93	14,29	0,25	0,53	1	3,03	0,90	0,10	1	0,10	1	0,10	1	0,10	1	2,40	1
Biovolumen	0,18	1	0,04	1	0,06	1	0,11	1	9,08	0,14	0,01	1	0,03	1	0,25	1	0,08	1	0,03	1	0,16	1	0,09	1
BIOMASA	1		1		1		0,97		0,20		1		0,95		1		1		1		1		1	
Índice de Grupos Algales (IGA)	1,00	0,98	0,92	0,98	1,01	0,98	0,83	0,99	3,40	0,84	0,99	0,98	0,16	1	0,32	1	2,68	0,88	0,10	1	0,79	0,99	1,32	0,96
Porcentaje de Cianobacterias	0,61	0,99	0	1	0	1	0	1	0,22	0,99	0	1	0	1	4,76	0,93	3,76	0,95	0,01	1	12,31	0,82	0,15	0,98
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,98		0,99		0,99		0,99		0,92		0,99		1,00		0,97		0,91		1		0,91		0,97	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,992		0,996		0,994		0,980		0,558		0,995		0,975		0,983		0,958		1		0,954		0,985	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Moderado		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo	

Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	81,3	57,3	57,3	73,2	78,2	65,4	60,6	89	47,3	47,3	47,3	47,3
TSI Clorofila A	30,9	29,3	40,0	41,0	56,7	24,4	41,5	8,0	8,0	8,0	8,0	39,2
TSI Disco de Secchi	42,4	44,2	43,7	38,3	38	39,7	43,7	39,7	35,7	37,7	39	36,8
TROPIC STATE INDEX (tsi)	51,50	43,62	47,00	50,83	57,64	43,15	48,58	45,57	30,35	31,02	31,45	41,12
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,5	3,8	3,5	3,3	3,0	4,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	3,8
	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm ³ /l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm ³ /l	%	IGA		
2012	1: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium</i> sp.	Chnc	*				2: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus obliquus</i> .	Chc	*					
			Chlorophyceae	<i>Eudonia</i>	Vc	*						Myzoza	Dinophyceae	<i>Peridinium cinctum</i>	D	16,28	0,0426	96,70		
			Ulvophyceae	<i>Ulothrix</i> spp.	Dc	*								Total D	16,28	0,0426	96,70			
		Chlorophyta	Zygnematophyceae	<i>Spirogyra</i> spp.	No aplica		8,88	0,1749	97,70			Total Dc	15,54	0,0003	0,75					
			Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i>	Cr	1,43	0,00003	0,02				15,54	0,0003	0,75					
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> spp.	Cia	*	0,74	0,0011	0,61			Dnc	*							
				<i>Planktotox</i> spp.	Cia	*					0,74		0,0004	0,23						
				Total Cia	0,74	0,0011	0,61													
		Myzoza	Dinophyceae	<i>Gymnodinium</i> spp.	D	*	0,74	0,0004	0,23			Total Dnc	0,74	0,0004	0,23					
				Total D	0,74	0,0004	0,23													
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*						C	5,18	0,0008	1,76					
				<i>Coscinodiscus</i> spp.	Dnc	*	7,40	0,0014	0,78				Total C	5,18	0,0008	1,76				
				<i>Cymatopleura Solea</i>	Dnc	*														
				<i>Diatomea pennada</i>	Dnc	*														
				<i>Encyonema</i> spp.	Dnc	*	2,22	0,0002	0,08											
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc			*	18,28	0,0005	0,28													
<i>Nitzschia</i> spp.	Dnc			*	3,70	0,0005	0,29													
<i>Stauroneis</i> spp.	Dnc			*																
Total Dnc	31,60	0,0026	1,44																	
Total					43,39	0,1790		1,00	Total					37,74	0,0441		0,92			
2013	3: Invierno	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	Chc	*				4: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium leibleinii</i>	Cc	1,48	0,0033	3,02			
			Ulvophyceae	<i>Ulothrix</i> spp.	Dc	0,74	0,0348	58,70				Total Cc	1,48	0,0033	3,02					
			Total Dc	0,74	0,0348	58,70			Cnc			28,12	0,1002	92,12						
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*						Total Cnc	28,12	0,1002	92,12					
				<i>Meridion Circulare</i>	Dc	*														
				<i>Cyclotella meneghiana</i>	Dnc	*	1,48	0,0005	0,80			Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	Chc	*				
				<i>Diatomea vulgaris</i>	Dnc	*	14,80	0,0103	17,30				Myzoza	Dinophyceae	<i>Gymnodinium Uberimum</i>	D	0,74	0,0001	0,08	
				<i>Diatomea vulgaris</i>	Dnc	*						Total D			0,74	0,0001	0,08			
				<i>Didymosphenia geminata</i>	Dnc	*	0,74	0,0068	11,51			Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*				
				<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	*	0,74	0,0002	0,40					<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*				
				<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*	7,40	0,0067	11,29					<i>Cymbella lanceolata</i>	Dnc	*				
		Total Dnc	25,16	0,0245	41,30			<i>Cymbella</i> spp.	Dnc		*									
								<i>Diatomea vulgaris</i>	Dnc		10,36			0,0014	1,30					
								<i>Gomphonema geminatum</i>	Dnc		*									
								<i>Navicula gregaria</i>	Dnc		*									
						<i>Navicula lanceolata</i>	Dnc	1,48	0,0006	0,57										
						<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	*												
						<i>Nitzschia sigmaidea</i>	Dnc	0,74	0,0030	2,77										
						<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*												
Total Dnc	12,58	0,0051	4,65																	
Total					25,90	0,0593		1,01	Total					45,14	0,1087		0,83			
2014	5: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Spirogyra</i> spp.	No aplica	1,40	8,9398	98,38		6: Otoño	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	*					
			Zygnematophyceae	<i>Spirogyra</i> spp.	No aplica	*						<i>Cosmarium</i> spp.	No aplica	*						
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> spp.	Cia	0,95	0,0197	0,22			Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus bijuqa</i>	Chc	2,22	0,0014	12,66			
				Total Cia	0,95	0,0197	0,22		Total Chc			2,22	0,0014	12,66						
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	7,40	0,1062	1,17			Myzoza	Dinophyceae	<i>Ceratium hirundinella</i>	D	*					
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*							<i>Peridinal</i>	D	*					
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	*	1,33	0,0018	0,02			<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*						
				<i>Cymatopleura Solea</i>	Dnc	*						<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*						
				<i>Didymosphenia geminata</i>	Dnc	0,74	0,0046	0,05				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	4,44	0,0050	44,58				
				<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	1,52	0,0012	0,01				<i>Didymosphenia geminata</i>	Dnc	*						
				<i>Navicula cuspidata</i>	Dnc	5,92	0,0026	0,03				<i>Encyonema</i> spp.	Dnc	2,22	0,0001	0,90				
				<i>Navicula</i> spp.	Dnc	*						<i>Gomphonema constrictum</i>	Dnc	0,74	0,0001	0,77				
				<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	18,50	0,0004	0,00				<i>Navicula</i> spp.	Dnc	6,66	0,0045	39,96				
				<i>Nitzschia sigmaidea</i>	Dnc	2,85	0,0023	0,02				<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*						
				<i>Nitzschia</i> spp.	Dnc	51,06	0,0007	0,01				Total Dnc	14,06	0,0097	86,20					
<i>Stauroneis</i> spp.	Dnc			0,38	0,0079	0,09														
Total Dnc	82,30			0,0215	0,24															
Total					92,05	9,0872		3,40	Total					17,76	0,0112		0,30			

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

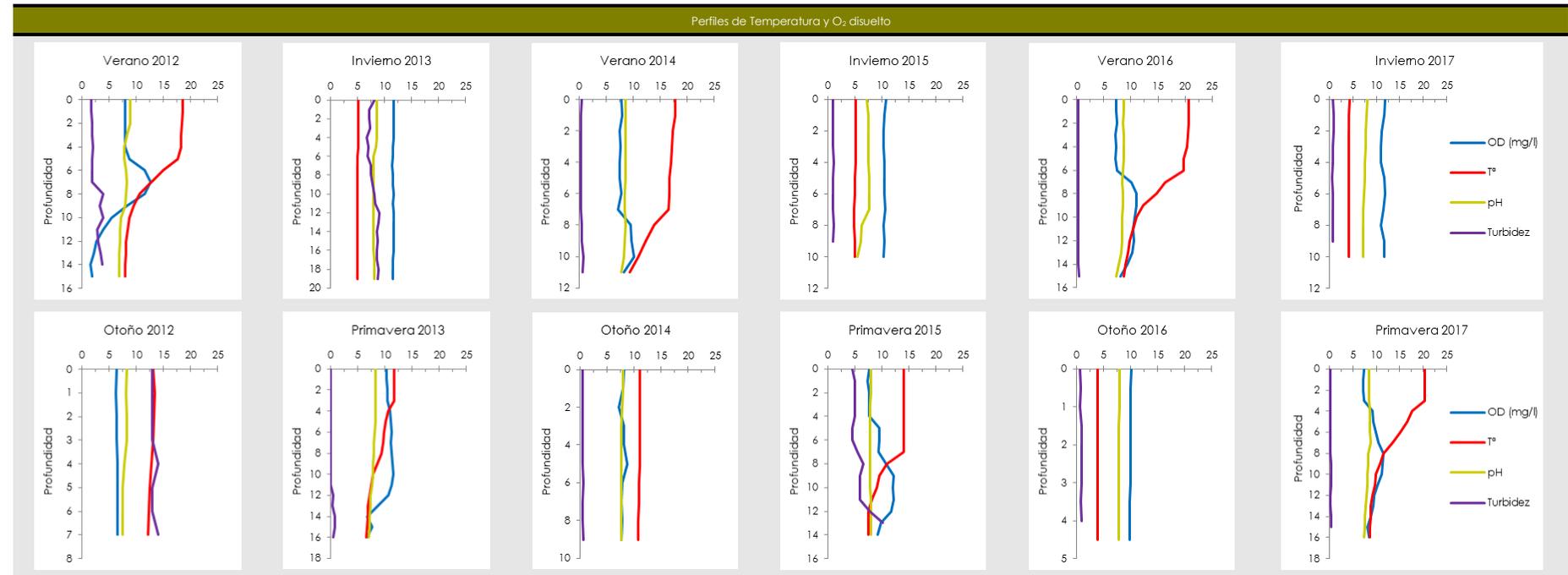
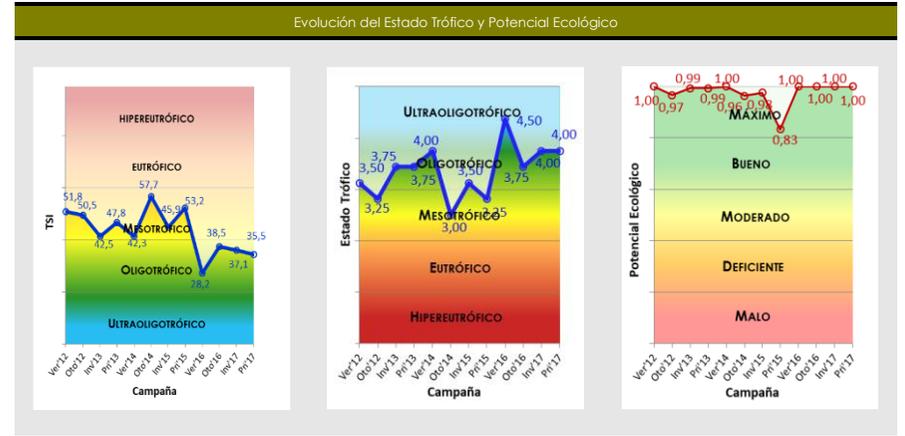
Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA							
2016	9: Verano	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus cf linearis</i>	Chc	29.77	0.0014	1.73		10: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Monoraphidium cf contartum</i>	Chnc	1.73	0.0010	3.48								
				Total Chc	Chc	*		1.73																	
			Trebouxiophyceae	<i>Oocystis sp#1</i>	Chc	*																			
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Cianofocea filamentosa sp#2</i>	Cia	286.51	0.0029	3.76				Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Rhodomonas sp#2</i>	Cr	1.73	0.0005	1.86							
				Total Cia	Cia			3.76																	
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Achnantes sp#1</i>	Dc	55.81	0.0321	41.02				Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Spirulina sp#1</i>	Cia	77.88	0.000002	0.01							
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	0.33	0.0005	0.59																	
				<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc	26.05	0.0044	5.62																	
				<i>Tabellaria sp#2</i>	Dc	*																			
				Total Dc	Dc			47.23																	
				<i>Cocconeis pediculus</i>	Dnc	0.66	0.0019	2.42																	
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	0.33	0.0002	0.29																	
				<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	0.66	0.0023	2.90																	
				<i>Craicula ambigua</i>	Dnc	0.33	0.0004	0.53																	
				<i>Cyclotella sp#1</i>	Dnc	*																			
				<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	7.44	0.0025	3.25																	
				<i>Fam. Naviculaceae sp#8</i>	Dnc	3.72	0.0208	26.59																	
				<i>Gomphonema sp#4</i>	Dnc	0.66	0.0004	0.45																	
				<i>Hannaea sp#1</i>	Dnc	*																			
				<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	3.72	0.0035	4.51																	
				<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	0.66	0.0004	0.06																	
				<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	*																			
				<i>Sigma sp#1</i>	Dnc	0.33	0.0036	4.59																	
				<i>Synedra sp#2</i>	Dnc	3.72	0.0013	1.69																	
				Total Dnc	Dnc			47.28																	
				Total							420.72			0.0783		2.68						104.62	0.0284		0.10
				2017	11: Invierno	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Achnanthes sp#5</i>	Dc		3.72			0.0016	0.99		12: Primavera	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Pandorina sp#1</i>	Vc	*			
								<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc		*														
		<i>Melosira sp#1</i>	Dc					6.08	0.0346		21.32														
		<i>Meridion sp#1</i>	Dc					11.16	0.0037		2.27			Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Cryptomonas sp#1</i>		Cr	2.61	0.0032	3.75				
		<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc					18.60	0.0033		2.01														
		Total Dc	Dc					39.57	0.0431		26.60														
<i>Amphora sp#1</i>	Dnc	11.16	0.0200					12.31			Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Cianofocea cocai sp#1</i>	Cia	70.04	0.0011		1.31							
<i>Cocconeis cf pediculus</i>	Dnc	0.43	0.0011					0.70																	
<i>Cocconeis pediculus</i>	Dnc	*																							
<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	*																							
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	Dnc	2.61	0.0066					4.05																	
<i>Diatoma sp#1</i>	Dnc	0.43	0.0020					1.23																	
<i>Encyonema sp#1</i>	Dnc	14.88	0.0038					2.33																	
<i>Encyonema sp#2</i>	Dnc	0.43	0.0013					0.78																	
<i>Fam. Naviculaceae sp#1</i>	Dnc	*																							
<i>Fam. Naviculaceae sp#6</i>	Dnc	*																							
<i>Fragilariopsis sp#1</i>	Dnc	11.16	0.0743					45.80																	
<i>Hannaea sp#1</i>	Dnc	0.43	0.0009					0.54																	
<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	7.44	0.0018					1.14																	
<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	3.72	0.0017					1.03																	
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	*																							
<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	14.88	0.0057					3.49																	
Total Dnc	Dnc	67.60	0.1190					73.40																	
Total										107.17	0.1622		0.79							245.01	0.0859		1.32		
2017	12: Primavera	Ochrophyta	Bacillariophyceae					<i>Amphora sp#1</i>	Dc/Dnc	4.38	0.0044	5.18		Ochrophyta	Chrysophyceae	<i>Dinobryon divergens</i>		Cc	*						
								<i>Encyonema sp#1</i>	Dc/Dnc	26.27	0.0100	11.67													
								<i>Achnantes sp#1</i>	Dc	30.64	0.0192	22.36													
								<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*															
								<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*															
								<i>Rhoicosphenia sp#1</i>	Dc	17.51	0.0030	3.47													
								Total Dc	Dc	48.15	0.0222	42.68													
								<i>Bacillaria paxillifer</i>	Dnc	4.38	0.0141	16.44													
								<i>Cocconeis cf pediculus</i>	Dnc	0.87	0.0013	1.53													
				<i>Cymbella sp#1</i>	Dnc	*																			
				<i>Diatoma sp#1</i>	Dnc	*																			
				<i>Fam. Naviculaceae sp#6</i>	Dnc	0.87	0.0024	2.76																	
				<i>Gomphonema sp#3</i>	Dnc	8.76	0.0031	3.55																	
				<i>Gomphonema sp#4</i>	Dnc	1.74	0.0006	0.75																	
				<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	4.38	0.0022	2.51																	
				<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	56.91	0.0041	4.76																	
				<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	0.87	0.0002	0.24																	
				<i>Pinnularia sp#1</i>	Dnc	*																			
				<i>Synedra sp#1</i>	Dnc	4.38	0.0168	19.55																	
				Total Dnc	Dnc	83.14	0.0447	68.93																	
				Total																					

(* Especie encontrada únicamente en el análisis cualitativo)

EMBAJSE DE VALLE II



Datos generales	
Nombre	Valle II
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	13
Coordenadas UTM ETRS 89 HUGO30	X: 0.733.103 Y: 4.769.549
Altitud	1557 m
Área de la cuenca	8,5 Km ²
Superficie	23,7 ha
Capacidad	3,1 hm ³
Profundidad máxima	16 m



Parámetros	Campañas		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura atmosférica (°C)	17	7	2	9	11	9	7	4	12	6	14	20		
Condiciones meteorológicas	Nublado	Nublado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Lluvioso	Despejado	Despejado	Despejado	Soleado	Nuboso		
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual	58	119	102	96	39,9	56,5	86,2	26,2	39,9	117,1	85,5		
	Mensual	22	156	225	100	18	78,8	168,8	85,5	7,7	146,3	71,5	112,3	
Color de agua	Transparente	Transparente	Transparente	Verdosa	Verde claro	Verde claro	Grisáceo	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verde turquesa	Turquesa	
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin Olor	Sin Olor		
Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Profundidad máxima (m)	30,0	12,7	18,7	16,8	11,9	18,5	13,0	12,6	18,5	4,5	10,7	18,0		
Profundidad de disco de Secchi (m)	10,2	2,5	5,3	5,5	10,4	3,5	4,5	9,0	8,5	4,0	5,75	9,5		
Zona fótica (m)	25,5	6,25	13,25	13,75	11,9	8,75	11,25	12,6	18,5	4,5	10,7	18,0		
Estratificación	Sí	No	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	No	Sí		
Profundidad de termoclina (m)	5	-	-	9	8	-	-	8	0,5	-	-	4		
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	85	85	85	125	95	65	85	125	70	320	290	125		
Amonio (mg/l NH ₄)	0,00	0,00	0,05	0,03	0,59	0,41	0,09	0,03	0,03	0,01	0,01	0,04		
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,010	0,019	0,010	0,006	0,015	0,280	0,005	0,016	0,003	0,005	0,001	0,00		
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,000	0,000	0,682	0,025	0,403	0,248	0,556	0,117	0,110	0,110	0,110	0,000		
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,000	0,000	0,052	0,003	0,026	0,003	0,014	0,008	0,003	0,003	0,003	0,002		
Silicatos (mg/l SiO ₂)	1,10	1,15	1,10	0,60	0,28	0,62	1,45	0,60	0,10	0,31	0,21	0,02		
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,40	0,06	0,04	0,10	0,08	0,36	0,06	0,27	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	0,40	0,10	16,70	3,60	0,00	4,90	0,40	0,18	0,99	<0,39	<0,39	<0,39		
Clorofila a (µg/l)	2,21	3,08	1,44	1,99	1,33	3,27	1,77	3,40	0,10	1,07	0,87	1,10		
Fitoplancton	Biovolumen (mm³/l)	0,571	0,012	0,001	0,037	0,410	0,071	0,093	1,170	0,019	0,197	0,695		
	Densidad (cel/ml)	236,45	81,40	12,58	82,88	29,95	171,08	254,34	595,34	45,82	208,68	108,13	200,48	
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	53,2	19	2,2	5,6	16,6	12,2	-	49	40,2	4,8	34,8	47	
	Peso (µg/l)	232,67	3,75	0,41	0,92	116,68	28,97	-	65,39	26,21	13,33	2,95	27,99	
Índice de Grupos Algales	0,55	1,00	1,00	1,00	0,14	0,96	0,36	0,07	0,16	0,55	0,02	0,01		
Porcentaje de Cianobacterias (%)	0	0	0	0	0	0	6,45	0	0	0	0	0		
Disco de Secchi (m) (mín. anual)	2,5	2,5	5,3	5,5	10,4	3,5	4,5	9	8,5	4	5,8	9,5		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	6,12	6,49	11,56	9,34	9,40	7,94	10,43	11,11	8,87	9,96	11,46	9,81		
Estado Químico	-													

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	2,21	1	3,08	0,84	1,44	1	1,99	1	1,33	1	3,27	0,86	1,77	1	3,40	0,73	0,10	1	1,07	1	0,87	1	1,10	1
Biovolumen	0,571	1	0,012	1	0,001	1	0,037	1	0,410	1	0,071	1	0,093	1	1,170	0,60	0,019	1	0,297	1	0,157	1	0,695	1
BIOMASA	1		0,95		1		1		1		0,93		1		0,67		1		1		1		1	
Índice de Grupos Algales (IGA)	0,55	1	1,00	0,98	1,00	0,98	1,00	0,98	0,14	1	0,96	0,98	0,36	1	0,07	1	0,16	1	0,55	1	0,02	1	0,01	1
Porcentaje de Cianobacterias	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	6,45	0,91	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
COMPOSICIÓN BIOMASA	1		0,99		0,99		0,99		1		0,99		0,95		1		1		1		1		1	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	1,000		0,967		0,995		0,994		1,000		0,959		0,977		0,834		1,000		1,000		1,000		1,000	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo	

Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	90,5	63,2	57,3	70,6	67,3	89,0	63,2	88,6	47,3	47,3	47,3	47,3
TSI Clorofila A	38,4	41,6	34,2	37,4	33,4	42,2	36,2	42,6	8	31,2	29,2	31,5
TSI Disco de Secchi	26,5	46,8	36,0	35,4	26,3	41,9	38,3	28,3	29,2	40,0	34,8	27,6
TROPIC STATE INDEX (tsi)	51,82	50,54	42,50	47,78	42,33	57,73	45,91	53,19	28,17	39,54	37,11	35,48
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,5	3,3	3,8	3,8	4,0	3,0	3,5	3,3	4,5	3,8	4,0	4,0
	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA					
2012	1: Verano	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium</i>	No aplica	1,48	0,0007	0,12		2: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	Chc	*								
				<i>Staurastrum</i>	No aplica	*																	
				<i>Scenedesmus ellipticus</i>	Chc	37,00	0,0284	4,98															
		Chlorophyta	Chlorophyceae		Total Chc		37,00	0,0284	4,98			Myzozoa	Dinophyceae										
				<i>Eudorina</i>	Vc	3,70	0,0113	1,97															
					Total Vc		3,70	0,0113	1,97														
		Cryptophyta	Cryptophyceae		<i>Cryptomonas marsonii</i>	Cr	10,01	0,0003	0,06			Ochrophyta	Bacillariophyceae										
					Total Cr		10,01	0,0003	0,06														
					<i>Ceratium hirundinella</i>	D	28,12	0,2558	44,78														
		Myzozoa	Dinophyceae		<i>Peridinium spp.</i>	D	122,84	0,2586	45,27														
				<i>Peridinium spp.</i>	D	*																	
				<i>Prorocentrum spp.</i>	D	*																	
				Total D		150,96	0,5145	90,05															
				<i>Pleurosigma spp.</i>	Dc	9,62	0,0118	2,06															
	Ochrophyta	Bacillariophyceae		<i>Amphora ovalis</i>	Dnc	1,48	0,0016	0,27															
				<i>Cyclotella</i>	Dnc	*																	
				<i>Encyonema spp.</i>	Dnc	2,22	0,0015	0,27															
				Total Dnc		3,70	0,0031	0,54															
				<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	19,98	0,0012	0,21															
				Total Cc		19,98	0,0012	0,21															
	Total				236,45	0,5713		0,55							81,40	0,0115		1,00					
2013	3: Invierno	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	Chc	*				4: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Mougeotia scalaris</i>	No aplica	*								
				<i>Ceratium hirundinella</i>	D	*																	
				<i>Gymnodinium spp.</i>	D	1,48	0,0002	22,15															
		Myzozoa	Dinophyceae		<i>Gymnodinium spp.</i>	D	*					Chlorophyta	Chlorophyceae		<i>Scenedesmus ellipticus</i>	Chc	1,48	0,0004	1,09				
					Total D		1,48	0,0002	22,15														
					<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	5,18	0,0001	8,05														
					<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*																
	Ochrophyta	Bacillariophyceae		<i>Merion Circularis</i>	Dc	*				Myzozoa	Dinophyceae		<i>Ceratium hirundinella</i>	D	*								
				Total Dc		5,18	0,0001	8,05															
				<i>Amphora ovalis</i>	Dnc	*																	
				<i>Amphora ovalis</i>	Dnc	1,48	0,0007	69,80															
				<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Dnc	*																	
				<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*																	
				Total Dnc		1,48	0,0007	69,80															
	Total				8,14	0,0009		0,99						82,88	0,0373		1,00						
2014	5: Verano	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium spp.</i>	No aplica	0,74	0,0003	0,08		6: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus bijuga</i>	Chc	1,14	0,0019	2,63						
				<i>Scenedesmus bijuga</i>	Chc	13,87	0,0473	11,53															
					Total Chc		13,87	0,0473	11,53														
		Chlorophyta	Chlorophyceae		<i>Ceratium hirundinella</i>	D	*					Cryptophyta	Cryptophyceae		<i>Oocystis spp.</i>	No aplica	1,48	0,0004	0,55				
					<i>Ceratium hirundinella</i>	D	1,88	0,2726	66,50														
					<i>Peridinium spp.</i>	D	6,46	0,0753	18,36														
					Total D		8,34	0,3479	84,86														
	Myzozoa	Dinophyceae		<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Dnc	0,04	0,0031	0,74		Myzozoa	Dinophyceae		<i>Ceratium hirundinella</i>	D	*								
				<i>Nitzschia spp.</i>	Dnc	0,74	0,0000	0,00															
				<i>Stauroneis spp.</i>	Dnc	2,22	0,0114	2,78															
	Ochrophyta	Bacillariophyceae		Total Dnc		3,00	0,0145	3,53															
				<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	*																	
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	14,25	0,0077	10,79															
				Total Dc		14,25	0,0077	10,79															
Ochrophyta	Bacillariophyceae		<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	*				Ochrophyta	Bacillariophyceae		<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	*									
			<i>Gyrosigma spp.</i>	Dnc	*																		
			<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	2,22	0,0001	0,10																
			Total Dnc		2,22	0,0001	0,10																
			<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	144,02	0,0299	41,93																
			Total Cc		144,02	0,0299	41,93																
	Total				25,95	0,4099		0,14						171,08	0,0713		0,39						

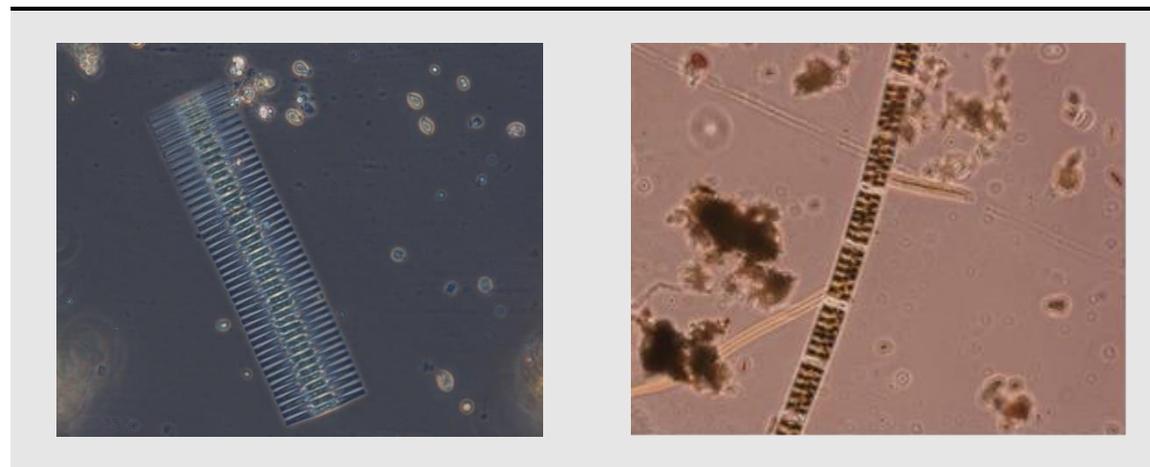
(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA			
2015	7: Invierno	-	-	Organismo sin identificar #6	No aplica	*				8: Primavera	-	-	Organismo sin identificar #3	No aplica	*						
		-	-	Organismo sin identificar #7	No aplica	*					-	-	Organismo sin identificar #4	No aplica	*						
		Charophyta	Conjugatophyceae	Cosmarium sp#1	No aplica	0,94	0,0011	1,19			Charophyta	Conjugatophyceae	Cosmarium sp#1	No aplica	*						
		Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Micractinium pusillum	Chc	*					Chlorophyta	Chlorophyceae	Scenedesmus linearis	Chc	47,13	0,0062	0,53				
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	Cianoficea filamentosa sp#2	Cia	*					Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Oocystis sp#1	Chc	*						
				Limnothrix sp#1	Cia	6,59	0,0027	2,85			Myzozoa	Dinophyceae	Ceratium hirundinella	D	*						
				Oscillatoria sp#1	Cia	199,70	0,0034	3,60					Peridinium cf umbonatum	D	2,48	0,0221	1,88				
				Total Cia		206,30	0,0060	6,45					Peridinium sp#3	D	*						
				Peridinium cf umbonatum	D	2,83	0,0251	26,97					Total D		2,48	0,0221	1,88				
				Peridinium sp#3	D	*							Dc	No aplica	7,44	0,0046	0,39				
				Total D		2,83	0,0251	26,97					Asterionella formosa	Dc	2,48	0,0024	0,21				
				Asterionella formosa	Dc	1,88	0,0019	1,99					Fragilaria crotonensis	Dc	59,53	0,0267	2,28				
				Fragilaria crotonensis	Dc	5,65	0,0025	2,72					Meridion sp#1	Dc	12,40	0,0020	0,17				
				Limnophora sp#1	Dc	0,94	0,0007	0,71					Rhoicosphenia sp#1	Dc	*						
				Meridion sp#1	Dc	9,42	0,0015	1,60					Total Dc		74,42	0,0311	2,66				
				Rhoicosphenia sp#1	Dc	*							Amphora ovalis	Dnc	4,96	0,0104	0,89				
				Total Dc		17,90	0,0065	7,01					Amphora sp#4	Dnc	2,48	0,0024	0,20				
				Cocconeis placentula	Dnc	2,83	0,0024	2,53					Cocconeis placentula	Dnc	19,84	0,0165	1,41				
				Cyclotella sp#4	Dnc	0,94	0,0010	1,08					Cyclotella sp#3	Dnc	349,77	0,1752	14,97				
				Diatoma sp#1	Dnc	*							Diatomea sp#1	Dnc	*						
				Diatomea sp#6	Dnc	*							Encyonema sp#1	Dnc	7,44	0,0067	0,57				
				Encyonema sp#1	Dnc	0,94	0,0008	0,91					Fragilaria cf ulna	Dnc	*						
				Fragilariaopsis sp#2	Dnc	0,94	0,0007	0,79					Gyrosigma sp#2	Dnc	32,25	0,8420	71,96				
				Gomphonema sp#1	Dnc	2,83	0,0006	0,60					Naviculaceae sp#1	Dnc	4,96	0,0004	0,04				
				Gyrosigma sp#2	Dnc	*							Naviculaceae sp#13	Dnc	7,44	0,0014	0,12				
				Naviculaceae sp#1	Dnc	1,88	0,0002	0,17					Naviculaceae sp#2	Dnc	4,96	0,0009	0,08				
				Naviculaceae sp#13	Dnc	0,94	0,0002	0,19					Naviculaceae sp#6	Dnc	4,96	0,0021	0,18				
				Naviculaceae sp#2	Dnc	1,88	0,0004	0,39					Naviculaceae sp#8	Dnc	*						
				Naviculaceae sp#3	Dnc	0,94	0,0001	0,16					Naviculaceae sp#9	Dnc	*						
				Naviculaceae sp#7	Dnc	0,94	0,0002	0,17					Nitzschia cf linearis	Dnc	2,48	0,0017	0,14				
				Nitzschia acicularis	Dnc	*							Nitzschia sp#1	Dnc	*						
				Synedra sp#1	Dnc	0,94	0,0030	3,20					Nitzschia sp#2	Dnc	7,44	0,0005	0,04				
				Synedra sp#2	Dnc	6,59	0,0441	47,34					Pinnularia sp#1	Dnc	4,96	0,0346	2,96				
				Total Dnc		22,61	0,0536	57,52					Synedra sp#1	Dnc	*						
				Dinobryon divergens	Cc	3,77	0,0008	0,86					Total Dnc		453,95	1,0950	93,57				
				Total Cc		3,77	0,0008	0,86					Cc	*							
				Total		254,34	0,0932		0,36				Total		595,35	1,1702		0,07			
		2016	9: Verano	Chlorophyta	Chlorophyceae	Scenedesmus linearis	Chc	6,21	0,0003		1,47		10: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	Scenedesmus linearis	Chc	6,61	0,0004	0,14	
						Sphaerocystis sp#1	Chc	36,11	0,0013		6,92					Sphaerocystis sp#1	Chc	32,56	0,0009	0,30	
						Scenedesmus cf obliquus	Chc	*								Total Chc				0,44	
						Total Chc					8,39					Cryptomonas sp#1	Cr	52,92	0,2264	76,25	
						Monoraphidium sp#2	Chnc	0,39	0,0005		2,40					Rhodomonas sp#1	Cr	27,91	0,0011	0,37	
						Total Chnc					2,40			Total Cr				76,62			
						Oocystis sp#1	Chc	*						Dinoflagelado sp#1	D	1,65	0,0187	6,29			
						Cryptomonas sp#1	No aplica	2,33	0,0067		34,98			Total D				6,29			
						Anabaena sphaerica	Cia	*						Achnantes sp#1	Dnc	4,65	0,0027	0,90			
						Ceratium hirundinella	D	0,39	0,0101		52,33			Amphora sp#1	Dnc	1,65	0,0017	0,58			
				Peridinium sp#2	D	*				Cocconeis placentula	Dnc	4,65		0,0028	0,95						
				Total D				52,33		Cocconeis scutellum	Dnc	1,65		0,0071	2,39						
				Guinardia flaccida	No aplica	*				Encyonema sp#1	Dnc	1,65		0,0006	0,21						
				Fragilaria crotonensis	Dc	*				Nitzschia acicularis	Dnc	3,31		0,0002	0,08						
				Cocconeis placentula	Dnc	*				Nitzschia cf sigmaidea	Dnc	1,65		0,0015	0,50						
				Cyclotella sp#1	Dnc	*				Nitzschia palea	Dnc	1,65		0,0003	0,11						
				Navicula cf rynchocephala	Dnc	0,39	0,0004	1,91		Total Dnc					5,73						
		Nitzschia cf palea	Dnc	*				Dinobryon divergens	Cc	66,15	0,0324	10,93									
		Total Dnc				1,91		Total Cc				10,93									
		Total		45,82	0,0193		0,16		Total		208,68	0,2969		0,55							

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

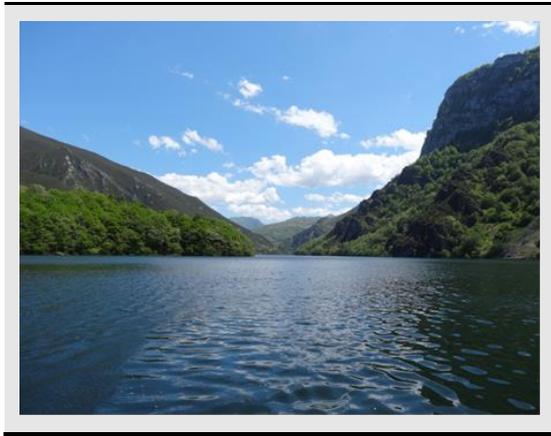
Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA			
2017	11: Invierno	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium</i> sp#1	No aplica	*				12: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum</i> sp#1	No aplica	*						
		Chlorophyta	Trebouxiophyceae	<i>Oocystis</i> sp#1	Chc	*					Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> sp#1	Cr	178,60	0,2204	31,70				
					<i>Rhodomonas</i> sp#1	Cr	19,58	0,0040	2,53					<i>Rhodomonas</i> sp#1	Cr	9,92	0,0009	0,13			
		Cryptophyta	Cryptophyceae		Total Cr		19,58	0,0040	2,53					Total Cr		188,53	0,2213	31,84			
					<i>Dinoflagelado atecado</i> s.d.	D	2,52	0,0894	57,08						<i>Ceratium hirundinella</i>	D	9,92	0,4656	66,99		
					<i>Peridinium</i> sp#2	D	11,75	0,0171	10,94						<i>Dinoflagelado atecado</i> s.d.#1	D	0,68	0,0071	1,02		
					<i>Peridinium</i> sp#1	D	*								<i>Peridinium</i> sp#1	D	*				
					Total D		14,27	0,1066	68,03						Total D		10,60	0,4727	68,01		
					<i>Meridion</i> sp#1	Dc	1,26	0,0004	0,27						<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	1,35	0,0011	0,16		
					<i>Pleurosigma</i> sp#2	Dc	*								<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc	*				
					<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc	3,92	0,0007	0,44						Total Dc		1,35	0,0011	0,16		
					<i>Thalassiosira</i> sp#2	Dc	*								<i>Cocconeis cf. pediculus</i>	Dnc	*				
					Total Dc		5,18	0,0011	0,70						<i>Encyonema</i> sp#1	Dnc	*				
					<i>Cyclotella</i> sp#1	Dnc	19,58	0,0086	5,46						<i>Gomphonema</i> sp#4	Dnc	*				
					<i>Cyclotella</i> sp#2	Dnc	*								<i>Navicula cf. sp#7</i>	Dnc	*				
					<i>Encyonema</i> sp#1	Dnc	3,92	0,0010	0,64						<i>Pinnularia</i> sp#1	Dnc	*				
					<i>Encyonema</i> sp#2	Dnc	0,63	0,0018	1,17												
					<i>Fragilaria ulna</i>	Dnc	3,92	0,0128	8,19												
					<i>Navicula cf. rynchocephala</i>	Dnc	*														
					<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	1,89	0,0003	0,18												
					<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	3,92	0,0015	0,95												
					Total Dnc		33,85	0,0260	16,59												
					<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	35,25	0,0190	12,15												
					Total Cc		35,25	0,0190	12,15												
					Total			108,13	0,1567			0,02						200,48	0,6951		0,01

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

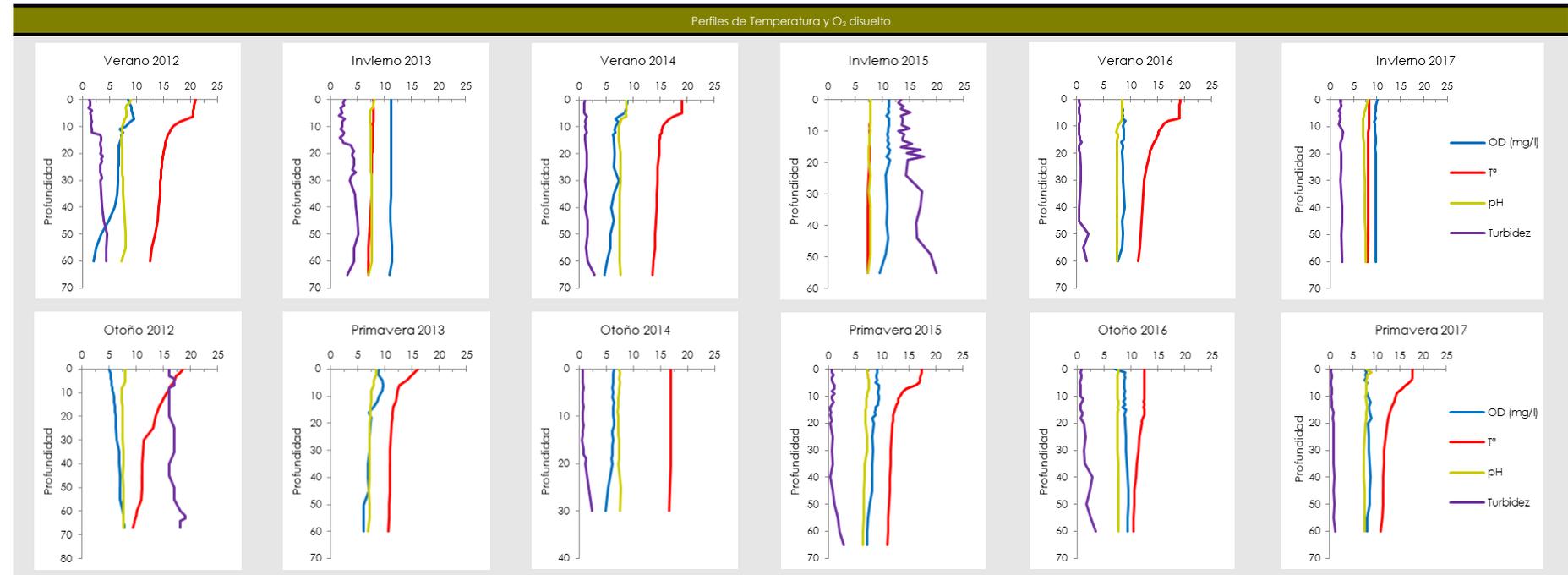
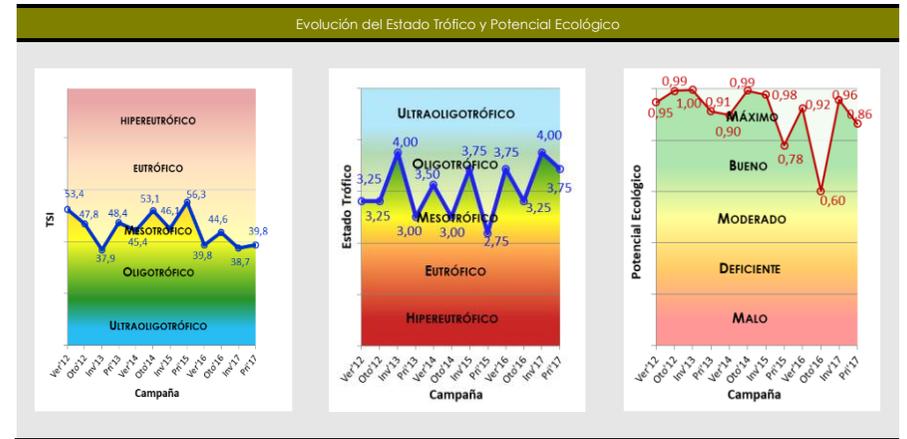


De izquierda a derecha: *Fragillaria crotonensis* observada en las muestras de 2013 y *Spirogyra* sp. en las muestras de 2014.

EMBALSE DE TANES



Datos generales	
Nombre	Tanes
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	7
Coordenadas UTM ETRS 89 HUGO30	X: 0.300.291 Y: 4.787.907
Altitud	495 m
Área de la cuenca	271 Km ²
Superficie	159 ha
Capacidad	33,27 hm ³
Profundidad máxima	95 m



Parámetros	Campañas		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura atmosférica (°C)	23	10	4	28	14	14	12	18	18	8	9	16		
Condiciones meteorológicas	Nublado	Nublado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Lluvia	Nublado	Despejado	Nublado	Nuboso	Lluvia		
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual	70	157	125	124	108,1	74,7	80,9	81,8	44,9	114,7	77,7	81,8	
	Mensual	40	153	298	139	51,2	97,9	194,3	26,1	10,9	119,6	42,5	90,5	
Color de agua	Verdoso	Verde pardo	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verde	Verdoso	Verde oscuro	Verde	Verde		
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor		
Presencia de blooms algales	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	No	No		
Profundidad máxima (m)	70,0	66,5	67,0	64,0	70,4	44,9	68,3	75,8	72,3	68,1	71,0	72,0		
Profundidad de disco de Secchi (m)	7,0	3,0	3,5	4,5	4,5	2,5	3,1*	4,6	6,75	4,25	3,6	7,6		
Zona fótica (m)	17,50	7,50	8,75	11,25	11,25	8,25	7,75	11,50	16,88	10,63	9,0	19,0		
Estratificación	Si	Si	No	Si	Si	No	No	Si	Si	No	No	Si		
Profundidad de termoclina (m)	9	25	-	5	6	-	-	7	8	-	-	5		
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	75	80	95	60	95	100	65	65	60	100	130	95		
Amonio (mg/l NH ₄)	0,00	0,00	0,02	0,75	0,30	0,09	0,01	0,07	0,004	0,01	0,01	0,06		
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,033	0,007	0,010	0,020	0,015	0,032	0,009	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001		
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,000	0,000	0,465	1,418	0,886	1,271	1,121	0,464	0,110	0,280	0,310	0,160		
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,000	0,000	0,026	0,023	0,056	0,016	0,013	0,017	0,005	0,003	0,003	0,150		
Silicatos (mg/l SiO ₂)	1,20	2,75	2,85	2,15	1,64	1,75	3,47	1,17	0,12	0,63	1,35	0,18		
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,28	0,08	0,04	0,05	0,05	0,14	0,03	< 0,35	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	0,80	0,60	0,50	0,70	0,30	0,80	0,50	0,54	<0,39	<0,39	< 0,39	0,67		
Clorofila a (µg/l)	3,49	1,13	0,19	4,88	1,99	1,92	3,00	3,30	2,50	5,40	0,70	3,00		
Fitoplancton	Biovolumen (mm³/l)	0,12	0,09	0,002	0,06	0,10	0,05	0,00	2,50	1,13	6,33	0,17		
	Densidad (cel/ml)	640,84	244,94	31,82	1,711,62	440,40	153,50	2,22	2,202,78	609,08	3,496,33	231,99		
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	0,8	0,4	0,6	1	10	32	-	37,6	33,8	2,2	2,99		
	Peso (µg/l)	0,57	0,23	0,03	0,76	9,6	13,36	-	22,75	29,44	8,27	43,89		
Índice de Grupos Algae	1,07	1,17	1,00	1,04	12,12	1,08	0,01	4,91	2,36	27,77	3,65	39,8		
Porcentaje de Cianobacterias (%)	0,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Disco de Secchi (m) (mín. anual)	3,0	3,0	3,0	2,5	4,5	2,5	0,95	4,6	6,75	4,25	3,6	7,6		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	6,48	7,26	11,19	7,46	6,32	6,1	10,99	8,49	8,58	8,91	9,63	8,31		
Estado Químico	Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno	

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	3,49	0,82	1,13	1,00	0,19	1,00	4,88	0,67	1,99	1,00	1,92	1,00	3,00	0,91	3,30	0,85	2,50	1,00	5,40	0,64	0,70	1,00	3,00	0,91
Biovolumen	0,12	1,00	0,09	1,00	0,002	1,00	0,06	1,00	0,10	1,00	0,05	1,00	0,0001	1,00	2,50	0,51	1,13	0,79	6,33	0,20	0,14	1,00	0,17	1,00
BIOMASA	0,91		1		1		0,84		1		1		0,95		0,68		0,90		0,42		1		0,95	
Índice de Grupos Algae (IGA)	1,07	0,97	1,17	0,97	1,00	0,98	1,04	0,98	12,12	0,59	1,08	0,97	0,01	1,00	4,91	0,76	2,36	0,90	27,77	0,57	3,65	0,83	39,8	0,55
Porcentaje de Cianobacterias	0,56	0,99	0	1,00	0	1,00	0	1,00	0	1,00	0	1,00	0	1,00	0	1,00	0	1,00	0	1,00	0	1,00	0	1,00
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,98		0,98		0,99		0,99		0,80		0,99		1		0,88		0,95		0,78		0,91		0,78	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,947		0,992		0,995		0,912		0,898		0,993		0,977		0,779		0,924		0,602		0,957		0,864	
	Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Bueno		Máximo		Bueno		Máximo		Máximo	

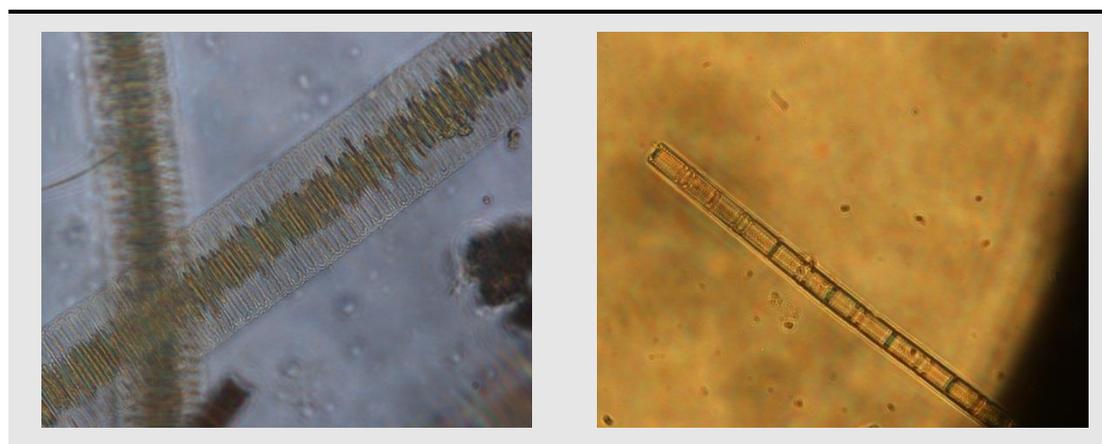
Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	85,4	67,3	57,3	60,6	60,6	75,4	53,2	88,6	47,3	47,3	47,3	47,3
TSI Clorofila A	42,9	31,8	14,3	46,2	37,4	37,0	41,4	42,3	39,6	47,1	27,1	41,4
TSI Disco de Secchi	32,0	44,2	41,9	38,3	38,3	46,8	43,7	38	32,5	39,1	41,5	30,8
TROPIC STATE INDEX (tsi)	53,41	47,78	37,87	48,35	45,41	53,07	46,09	56,31	39,81	44,55	38,66	39,83
	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,3	3,3	4,0	3,0	3,5	3,0	3,8	2,8	3,8	3,3	4,0	3,8
	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA				
2012	1: Verano	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium</i> spp.	No aplica	1,48	0,0005	0,40		2: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Pediastrum duplex</i>	Chc	*							
				<i>Staurastrum</i> spp.	No aplica	12,58	0,0264	21,16														
				<i>Pediastrum boryanum</i>	Chc	*																
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Eudorina</i>	Vc	*							Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Eudorina</i>	Vc	*					
				<i>Pandorina</i>	Vc	*																
				<i>Anabaena</i>	Cia	*																
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena</i> spp.	Cia	1,48	0,0007	0,56								<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	40,70	0,0616	71,53		
				<i>Total Cia</i>		1,48	0,0007	0,56									<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	66,60	0,0019	2,18	
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Gimnodinium</i> spp.	D	*										<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	111,00	0,0145	16,86		
				<i>Asterionella</i>	Dc	*										<i>Melosira Varians</i>	Dc	*				
				<i>Asterionella</i> spp.	Dc	49,58	0,0025	2,00								<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	Dc	*				
				<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	324,12	0,0477	38,20								<i>Thalassionema nitzschoides</i>	Dc	3,70	0,0001	0,12		
				<i>Fragilaria</i> spp.	Dc	*										<i>Total Dc</i>		243,46	0,0853	99,07		
				<i>Total Dc</i>		373,70	0,0502	40,20								<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	0,74	0,0001	0,07		
				<i>Cyclotella</i> spp.	Dnc	151,70	0,0333	26,71								<i>Synedra ulna</i>	Dnc	0,74	0,0007	0,86		
				<i>Encyonema</i> spp.	Dnc	3,70	0,0004	0,34								<i>Total Dnc</i>		1,48	0,0008	0,93		
				<i>Total Dnc</i>		155,40	0,0338	27,05														
<i>Dinobryon divergens</i>	Cc			96,20	0,0133	10,63																
<i>Total Cc</i>		96,20	0,0133	10,63																		
<i>Total</i>				640,84	0,1248										244,94	0,0861		1,17				
2013	3: Invierno	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	No aplica	0,74	0,00005	1,88		4: Primavera	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Eudorina elegans</i>	Vc	*							
				<i>Gymnodinium</i> spp.	D	5,18	0,0001	5,54														
		Myzozoa	Dinophyceae	<i>Total D</i>		5,18	0,0001	5,54							<i>Cryptomonas Erosa</i>	Cnc	37,00	0,0041	7,02			
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*										<i>Total Cnc</i>		37,00	0,0041	7,02		
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	6,66	0,0001	4,91								<i>Asterionella formosa</i>	Dc	1047,84	0,0263	45,42		
				<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*										<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*				
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*										<i>Total Dc</i>		1047,84	0,0263	45,42		
				<i>Total Dc</i>		6,66	0,0001	4,91								<i>Cyclotella</i> spp.	Dnc	25,90	0,0040	6,83		
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	3,70	0,0006	22,69								<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	*				
				<i>Cyclotella</i> spp.	Dnc	2,22	0,0003	13,67								<i>Total Dnc</i>		25,90	0,0040	6,83		
				<i>Encyonema</i> spp.	Dnc	7,40	0,0004	15,50								<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	600,88	0,0236	40,74		
				<i>Gomphonema</i> spp.	Dnc	*										<i>Total Cc</i>		600,88	0,0236	40,74		
				<i>Navicula subtilissima</i>	Dnc	2,96	0,0002	8,58														
<i>Synedra ulna</i>	Dnc			2,96	0,0007	27,23																
<i>Total Dnc</i>		19,24	0,0021	67,67																		
<i>Total</i>				31,82	0,0024										1711,62	0,0580		1,04				
2014	5: Verano	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Closterium moniliferum</i>	No aplica	*				6: Otoño	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium</i> spp.	No aplica	1,48	0,0009	1,89					
				<i>Staurastrum leptocladum</i>	No aplica	*																
				<i>Staurastrum leptocladum</i>	No aplica	2,22	0,0075	7,67														
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Tetraëdron</i> spp.	Chnc	167,24	0,0061	6,29								<i>Closterium</i> sp.	No aplica	0,38	0,0026	5,53		
				<i>Total Chnc</i>		167,24	0,0061	6,29								<i>Tetraëdron</i> spp.	No aplica	14,80	0,0009	1,87		
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Eudorina elegans</i>	Vc	*										<i>Pandorina morum</i>	Vc	1,48	0,0046	9,97		
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	3,70	0,00005	0,05								<i>Total Vc</i>		1,48	0,0046	9,97		
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	256,50	0,0758	77,58									<i>Cryptomonas</i> spp.	Cr	8,88	0,0005	0,97	
				<i>Melosira Varians</i>	Dc	*										<i>Total Cr</i>		8,88	0,0005	0,97		
				<i>Total Dc</i>		260,20	0,0759	77,62														
				<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Dnc	5,18	0,0046	4,74														
				<i>Diatoma vulgare</i>	Dnc	0,74	0,0004	0,37														
				<i>Navicula cuspidata</i>	Dnc	4,44	0,0009	0,93														
<i>Total Dnc</i>				10,36	0,0059	6,04																
<i>Tribonema elegans</i>	No aplica			0,38	0,0023	2,39																
<i>Total</i>				440,40	0,0978										153,50	0,0464		6,49				
2015	7: Invierno	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*				8: Primavera	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Organismo sin identificar</i>	No aplica	*							
				<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*																
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*																
				<i>Meridion Circulare</i>	Dc	*																
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	0,74	0,00005	50,66														
				<i>Navicula</i> spp.	Dnc	1,48	0,00004	49,34														
<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*																				
<i>Total Dnc</i>		2,22	0,0001	100,00																		
<i>Total</i>				2,22	0,0001										2202,78	2,5012		4,91				

(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA					
2016	9: Verano			Organismo desconocido #11	No aplica	*				10: Otoño	Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Oocystis sp#1	Chc	*								
				Charophyta	Conjugatophyceae	Cosmarium sp#1	No aplica	*					Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonas sp#1	Cr	13,95	0,0597	0,95				
						Staurastrum sp#1	No aplica	7,44	0,0356		3,14				Rhodomonas sp#1	Cr	9,30	0,0004	0,01				
				Chlorophyta	Chlorophyceae	Scenedesmus cf obtusus	Chc	*							Total Cr				0,95				
					Trebouxiophyceae	Oocystis sp#1	Chc	*						Myzozoa	Dinophyceae	Dinoflagelado sp#1	D				1,91		
				Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomona sp#1	No aplica	14,88	0,0430		3,80					Total D	10,63	0,1201		1,91			
						Peridinium sp	D	2,28	0,0833		7,35												
						Peridinium sp#1	D	*															
						Total D					7,35												
						Dc	18,25	0,0139	1,23														
						Dc	432,27	0,6045	53,39														
						Total Dc					54,62												
						Dnc	*																
						Dnc	133,95	0,3520	31,09														
		Total Dnc				31,09																	
		Chrysophyceae	Dinobryon divergens	Cc	*																		
		Total				609,08	1,1323		2,36						3496,33	6,2921		27,77					
2017	11: Invierno			Rhodomonas sp#1	Cr	97,67	0,0198	14,19		12: Primavera	-	-	Organismo desconocido sp#10	No aplica	*								
						Total Cr	97,67	0,0198	14,19					Chlorophyta	Chlorophyceae	Coelastrum sp#1	Chc	*					
				Cyanobacteria	Cyanophyceae	Cianoficea coccal sp#2	Cia	13,99	0,0003		0,24				Trebouxiophyceae	Pandarina sp#1	Vc	*					
						Total Cia	13,99	0,0003	0,24							Oocystis sp#1	Chc	*					
				Myzozoa	Dinophyceae	Peridinium sp	D	*								Cryptomonas sp#1	Cr	23,26	0,0287	16,77			
						Asterionella formosa	Dc	1,22	0,0005		0,38					Rhodomonas sp#1	Cr	111,63	0,0105	6,14			
						Aulacoseira granulata	Dc	10,95	0,0109		7,85					Total Cr	134,88	0,0392	22,91				
						Fragilaria crotonensis	Dc	64,48	0,0660		47,35												
						Melosira sp#1	Dc	*															
						Total Dc	76,65	0,0774	55,59														
						Dnc	*																
						Dnc	4,65	0,0071	5,10														
						Dnc	23,26	0,0102	7,29														
						Dnc	*																
						Dnc	4,65	0,0012	0,85														
						Dnc	1,22	0,0029	2,09														
						Dnc	*																
						Dnc	9,30	0,0035	2,54														
						Dnc	0,61	0,0169	12,11														
						Total Dnc	43,69	0,0418	29,98														
						Total					232,00	0,1393		3,65						266,89	0,1710		39,80

(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

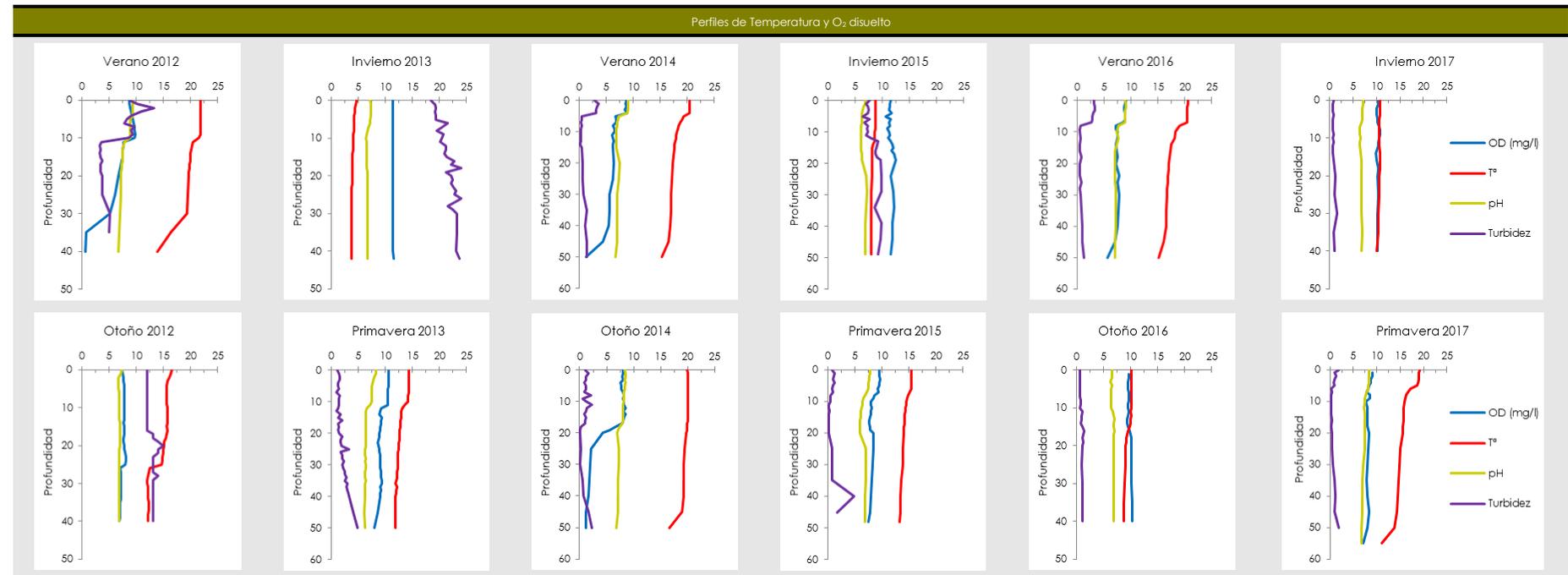
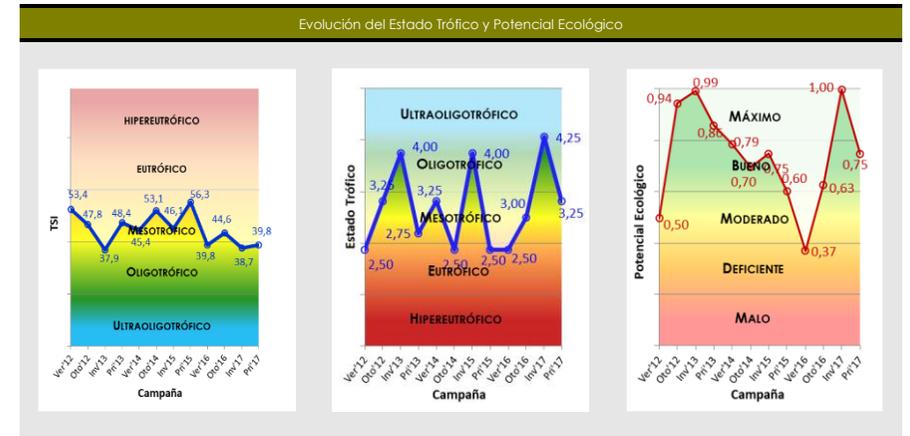


De izquierda a derecha *Fragilaria capuccina* y *Aulacoseira granulata* detectadas en las muestras de 2012.

EMBALSE DE LA BARCA



Datos generales	
Nombre	La Barca
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	3
Coordenadas UTM ETRS 89 HUGO30	X: 0.704.822 Y: 4.795.763
Altitud	214 m
Área de la cuenca	1266 Km ²
Superficie	200 ha
Capacidad	33,15 hm ³
Profundidad máxima	73,5 m



Parámetros	Campañas		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Temperatura atmosférica (°C)	29	12	4	24	17	16	11	16	17	7	11	19		
Condiciones meteorológicas	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Lluvia	Despejado	Llovizna	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Nuboso	Nuboso	
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual	60	148	72	84	39.9	86.2	39.9	26.2	39.9	117.1	75.1	85.5	
	Mensual	32	253	42	89	18	78.8	168.8	85.5	7.7	146.3	71.5	112.3	
Color de agua	Verdoso	Pardusco	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verde	Verdoso	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde oscuro	Verde oscuro	
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	
Presencia de blooms algales	Si	No	No	Si	No	No	Si	No	No	Si	No	No	No	
Profundidad máxima (m)	45.0	44.5	43.8	51.5	56.2	53	51.6	60.0	58.4	46.2	50.2	58.0		
Profundidad de disco de Secchi (m)	1.65	3.2	1.9	3.0	3.8	2.6	3.1*	3.0	2.25	3.0	5.5	4.6		
Zona fótica (m)	4.13	8.00	4.75	7.50	9.50	6.50	7.75	7.50	5.63	7.50	13.75	11.50		
Estratificación	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	No	Si		
Profundidad de termoclina (m)	11	25	-	11	5	45	-	7-9	8	-	-	5		
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	55	45	30	40	40	55	20	25	30	115	100	70		
Amonio (mg/l NH ₄)	0.00	0.00	0.26	0.00	0.08	0.17	0.01	0.04	0.10	0.01	0.01	0.05		
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0.014	0.028	0.025	0.012	0.019	0.020	0.012	0.023	0.008	0.006	0.006	0.002		
Nitratos (mg/l NO ₃)	0.603	0.868	0.461	0.969	0.084	0.492	1.795	0.969	0.160	0.460	0.340	0.230		
Nitritos (mg/l NO ₂)	0.020	0.056	0.200	0.003	0.000	0.039	0.026	0.988	0.005	0.006	0.003	0.150		
Silicatos (mg/l SiO ₂)	7.20	3.00	0.86	1.40	6.50	7.00	6.71	1.42	0.80	1.54	0.60	0.31		
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0.27	0.1	0.02	0.04	0.04	0.15	0.08	0.36	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	4.40	0.70	0.60	0.60	0.40	3.70	0.46	<0.39	<0.39	0.47	<0.39	0.16		
Clorofila a (µg/l)	18.48	2.07	0.15	12.30	2.57	19.12	1.00	4.67	13.64	5.47	0.73	4.63		
Fitoplancton	Biovolumen (mm³/l)	0.626	0.033	0.002	0.028	0.272	0.383	0.002	2.913	5.116	4.943	2.573		
	Densidad (cel/ml)	508.89	504.68	7.40	282.68	428.86	904.72	8.88	6.504,15	11.750,57	3.850,16	97.20	3.701,94	
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	106	18,8	2,4	4,6	10	66	1,4	3,2	105,2	4,6	34,8	15	
	Peso (µg/l)	165.66	20.4	0.56	5.02	32.42	77.12	1.7	2.12	473.62	9.98	2.95	9.05	
Índice de Grupos Algae	3.47	1.07	1.00	1.02	3.21	1.06	6.77	201.00	123.89	11.42	0.48	4.59		
Porcentaje de Cianobacterias (%)	98.17	3.94	0	0	43.87	16.79	63.39	0	37.6	0	0	0		
Disco de Secchi (m) (mín. anual)	1.65	1.65	1.9	1.9	3.8	2.6	1.3	3	2.25	3	5.5	4.6		
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	6.11	7.67	11.39	9.01	6.44	6.33	12.00	7.93	7.38	9.76	10.26	8.00		
Estado Químico	No alcanza el buen estado		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno	

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	18,48	0,31	2,07	0,98	0,15	1	12,30	0,46	2,57	0,89	19,12	0,30	1,00	1	4,67	0,71	13,64	0,42	5,47	0,68	0,73	1	4,63	0,71
Biovolumen	0,626	0,79	0,033	1	0,002	1	0,028	1	0,272	1	0,383	0,97	0,002	1	2,913	0,39	5,116	0,22	4,943	0,23	0,318	1	2,573	0,44
BIOMASA	0,55		0,99		1		0,73		0,94		0,63		1		0,55		0,32		0,45		1		0,58	
Índice de Grupos Algae (IGA)	3,47	0,87	1,07	0,96	1,00	0,97	1,02	0,97	3,21	0,88	1,06	0,96	6,77	0,75	201,00	0,31	123,89	0,43	11,42	0,60	0,48	0,99	4,59	0,83
Porcentaje de Cianobacterias	98,17	0,01	3,94	0,82	0	1	0	1	43,87	0,37	16,79	0,55	63,39	0,24	0	1	37,6	0,41	0	1	0	1	0	1
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,44		0,89		0,98		0,98		0,63		0,76		0,49		0,65		0,42		0,80		0,99		0,91	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,496		0,943		0,992		0,858		0,785		0,695		0,747		0,602		0,370		0,627		0,997		0,746	
	Moderado		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Máximo		Deficiente		Bueno		Máximo		Bueno	

Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	84,9	70,6	47,3	57,3	57,3	76,4	67,3	84,3	47,3	47,3	47,3	47,3
TSI Clorofila A	59,2	37,7	12,0	55,2	39,9	59,5	30,6	45,7	56,2	47,3	27,6	45,6
TSI Disco de Secchi	52,8	43,2	50,8	44,2	40,8	46,2	43,7	44,2	48,3	44,2	35,4	38
TROPIC STATE INDEX (tsi)	65,63	50,51	36,70	52,24	45,99	60,73	47,21	58,07	50,63	46,26	36,78	43,67
	Eutrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	2,5	3,3	4,0	2,8	3,3	2,5	4,0	2,5	2,5	3,0	4,3	3,3
	Eutrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Oligotrófico	Eutrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Ultraoligotrófico	Mesotrófico

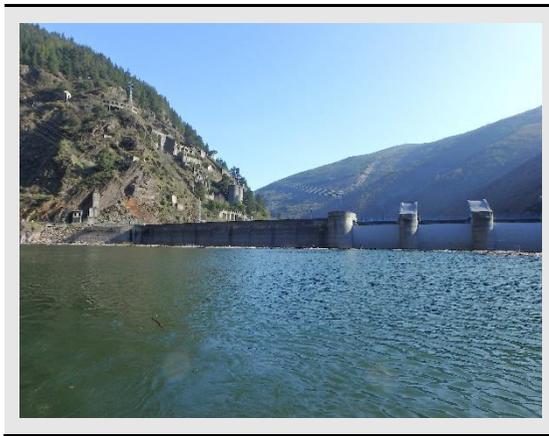
Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA
2012	1: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum spp.</i>	No aplica	*				2: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus obliquus</i>	Chc	26.64	0.0003	0.86	
				<i>Scenedesmus spp.</i>	No aplica	15.54	0.0001	0.01	<i>Scenedesmus spp.</i>				Chc	*				
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Pediastrum boryanum</i>	Chc	*					<i>Total Chc</i>		26.64	0.0003	0.86			
				<i>Eudorina</i>	Vc	*			<i>Eudorina sp</i>		Vc	*						
				<i>Pandorina</i>	Vc	*			<i>Pandorina morum</i>		Vc	*						
				<i>Anabaena</i>	Cia	*			<i>Anabaena sp</i>		Cia	*						
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena spp.</i>	Cia	122.36	0.6121	97.82	<i>Anabaena spiroides</i>		Cia	0.74	0.0013	3.94				
				<i>Microcystis</i>	Cia	171.00	0.0022	0.35	<i>Total Cia</i>			0.74	0.0013	3.94				
		Myzozoa	Dinophyceae	<i>Ceratium hirundinella</i>	D	2.09	0.0010	0.17	<i>Peridinium cinctum</i>		D	*						
				<i>Gymnodinium spp.</i>	D	3.70	0.0005	0.08	<i>Asterionella formosa</i>		Dc	3.70	0.0003	0.93				
<i>Total D</i>				5.79	0.0015	0.25	<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*									
Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Asterionella</i>	Dc	*			<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	458.80	0.0266	80.20							
		<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	194.20	0.0098	1.57	<i>Tabellaria fenestrata</i>	Dc	14.06	0.0046	13.76							
		<i>Fragilaria spp.</i>	Dc	*			<i>Total Dc</i>		476.56	0.0315	94.89							
		<i>Total Dc</i>		194.20	0.0098	1.57	<i>Encyonema gracile</i>	Dnc	0.74	0.0001	0.31							
	Chrysophyceae	<i>Dinobryon divergens</i>	Cc	*			<i>Total Dnc</i>		0.74	0.0001	0.31							
		<i>Total</i>		508.89	0.6258				504.68	0.0332		1.07						
2013	3: Invierno	Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*				4: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Zygnema spp.</i>	No aplica	*			
				<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*			<i>Cosmarium undulatum</i>				Cnc	0.74	0.0003	0.99		
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*			<i>Total Cnc</i>			0.74	0.0003	0.99				
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	3.70	0.0004	24.11	<i>Scenedesmus quadricauda</i>		Chc	1.48	0.0001	0.47				
				<i>Cyclotella spp.</i>	Dnc	0.74	0.0001	5.15	<i>Total Chc</i>			1.48	0.0001	0.47				
				<i>Diatoma vulgaris</i>	Dnc	2.22	0.0012	68.42	<i>Gymnodinium spp.</i>		D	3.70	0.0002	0.88				
				<i>Navicula spp.</i>	Dnc	0.74	0.00004	2.24	<i>Total D</i>			3.70	0.0002	0.88				
				<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*			<i>Aulacoseira varians</i>		Dc	8.14	0.0092	32.55				
				<i>Total Dnc</i>		3.70	0.0014	100.00	<i>Fragilaria arcus</i>		Dc	2.22	0.0004	1.46				
						<i>Total</i>		7.40	0.0018					282.68	0.0282		1.02	
2014	5: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Mougeotia spp.</i>	No aplica	27.38	0.0045	1.64		6: Otoño	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Mougeotia spp.</i>	Chc	392.20	0.0501	13.06	
				<i>Staurastrum leptocladum</i>	Chnc	*			<i>Total Chc</i>					392.20	0.0501	13.06		
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Staurastrum spp.</i>	Chnc	24.42	0.0677	24.87	<i>Tetraëdron spp.</i>		No aplica	0.74	0.00003	0.01				
				<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Chc	2.22	0.0008	0.31	<i>Eudorina elegans</i>		Vc	*						
				<i>Total Chc</i>		2.22	0.0008	0.31	<i>Acinastum hantzschii</i>		Chc	*						
				<i>Eudorina elegans</i>	Vc	*			<i>Anabaena spiroides</i>		Cia	*						
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Pandorina morum</i>	Vc	*			<i>Anabaena spp.</i>		Cia	13.30	0.0643	16.78				
				<i>Valvox spp.</i>	Vc	*			<i>Microcystis spp.</i>		Cia	3.35	0.00005	0.01				
				<i>Anabaena spiroides</i>	Cia	12.73	0.1142	41.99	<i>Total Cia</i>			16.65	0.0644	16.79				
				<i>Anabaena spp.</i>	Cia	0.57	0.0051	1.88	<i>Ceratium hirundinella</i>		D	*						
Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Microcystis spp.</i>	Cia	*			<i>Ceratium hirundinella</i>	D	0.95	0.0339	8.85							
		<i>Asterionella formosa</i>	Dc	8.14	0.0003	0.09	<i>Peridinal spp.</i>	D	24.32	0.1022	26.65							
		<i>Total Dc</i>		8.14	0.0003	0.09	<i>Total D</i>		25.27	0.1361	35.50							
		<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dnc	353.40	0.0795	29.21	<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	10.26	0.0670	17.48							
		<i>Total Dnc</i>		353.40	0.0795	29.21	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	452.20	0.0645	16.81							
		<i>Total</i>		428.86	0.2721	3.21	<i>Total Dc</i>		462.46	0.1315	34.29							
2015	7: Invierno	Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena spp.</i>	Cia	2.22	0.0011	63.39		8: Primavera	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Desmidiium sp#1</i>	No aplica	*			
				<i>Total Cia</i>		2.22	0.0011	63.39	<i>Aulacoseira granulata</i>				Dc	104.19	0.0501	1.72		
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*			<i>Fragilaria crotonensis</i>		Dc	6385.08	2.8612	98.23				
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	*			<i>Rhacisphenia sp#1</i>		Dc	14.88	0.0015	0.05				
				<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	1.48	0.0001	8.17	<i>Total Dc</i>			6504.15	2.9128	100.00				
				<i>Navicula spp.</i>	Dnc	5.18	0.0005	28.44	<i>Diatomea sp#1</i>		Dnc	*						
				<i>Synedra ulna</i>	Dnc	*			<i>Total</i>			6504.15	2.9128		201.00			
				<i>Total Dnc</i>		6.66	0.0006	36.61										
				<i>Total</i>		8.88	0.0017	6.77										

(*) Especie encontrada en el análisis cualitativo

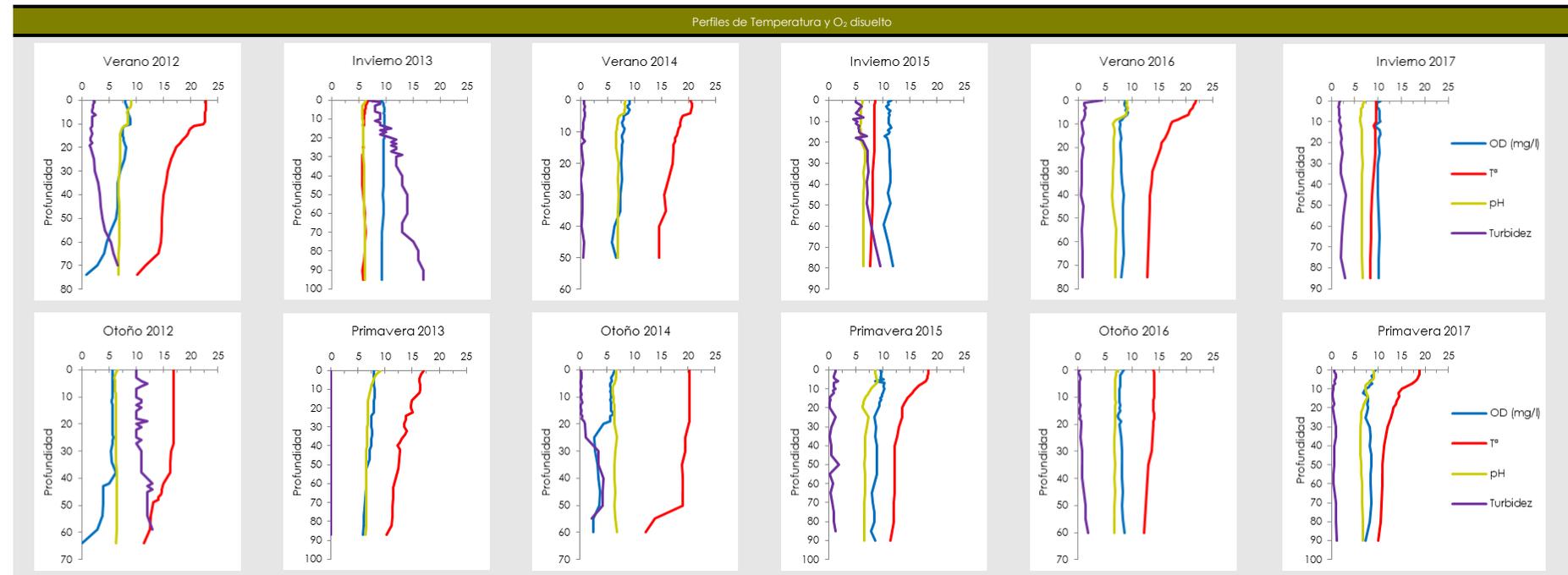
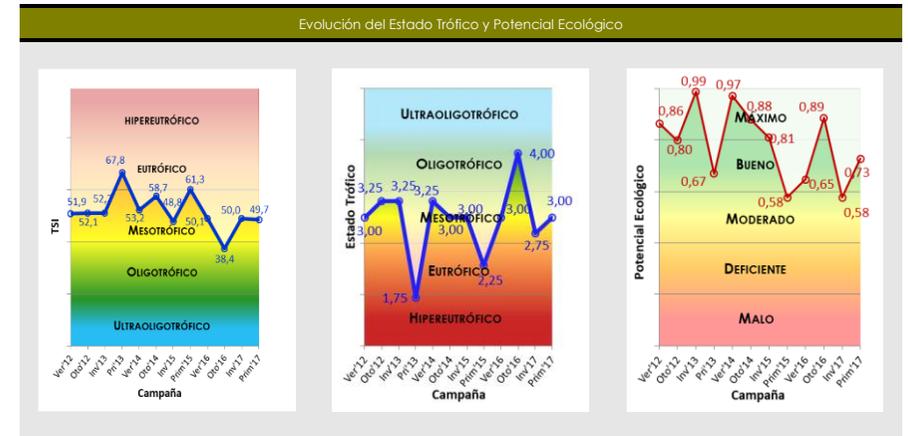
Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA			
2016	9: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum</i> sp#1	No aplica	*				10: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Chc	47,00	0,0016	0,03				
				<i>Scenedesmus cf quadricauda</i>	Chc	16,22	0,0101	0,20	Total Chc				*			0,03					
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Pandorina</i> sp#1	Vc	*						Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Oocystis</i> sp#1	Chc	*					
				<i>Oocystis</i> sp#5	Chc	*			<i>Cryptomonas</i> sp#1		Cr			334,88	1,4327	28,99					
		Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Cryptomona</i> sp#1	No aplica	111,63	0,3227	6,31				Myzozoa	Dinophyceae	<i>Rhodomonas</i> sp#1	Cr	55,81	0,0022	0,04			
				<i>Anabaena</i> sp#1	Cia	10009,25	1,9237	37,60	Total Cr						7,83	0,0155	0,31				
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena sphaerica</i>	Cia	*						Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Peridinium</i> sp#2	D						
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*			Total D						2641,85	1,8749	37,93				
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	723,88	1,6852	32,94				Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Dc	390,70	0,7815	15,81			
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	796,87	1,1144	21,78	<i>Aulacoseira granulata</i>		Dc			316,28	0,3676	7,44					
				<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc	18,60	0,0031	0,06	<i>Fragilaria crotonensis</i>		Dc	*									
				<i>Cocconeis pediculus</i>	Dnc	18,60	0,0530	1,04	<i>Fragilaria ulna</i>		Dc	*									
				<i>Cyclotella</i> sp#1	Dnc	*			Total Dc					*				61,18			
				<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	55,81	0,0037	0,07	<i>Cocconeis cf placentula</i>		Dnc	*									
				Total	Total Dnc			1,11	<i>Nitzschia linearis</i>		Dnc	18,60	0,0850	1,72							
									<i>Synedra</i> sp#1		Dnc	18,60	0,1245	2,52							
									<i>Ulnaria ulna</i>		Dnc	18,60	0,2571	5,20							
							Total Dnc					9,44									
Total										3850,16	4,9426			0,48							
2017	11: Invierno	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium</i> sp#1	Cnc	*				12: Primavera	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Coelastrum</i> sp#1	Chc	127,57	0,0115	0,45				
				<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Chc	1,70	0,0007	0,23	<i>Scenedesmus cf acuminatus</i>				Chc	42,52	0,0010	0,04					
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Monoraphidium</i> sp#2	Chnc	0,85	0,0014	0,46	<i>Scenedesmus cf quadricauda</i>		Chc	6,08	0,0008	0,03							
				<i>Rhodomonas</i> sp#1	Cr	9,92	0,0020	0,63	Total Chc					176,18	0,0132	0,51					
		Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Rhodomonas</i> sp#1	Cr	9,92	0,0020	0,63	<i>Pandorina</i> sp#1		Vc	*									
				<i>Anabaena</i> sp#1	Cia	3,40	0,0013	0,41	<i>cf Nephroclytium</i> sp#1		Chc	3,04	0,0002	0,01							
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena</i> sp#1	Cia	3,40	0,0013	0,41	<i>cf Nephroclytium</i> sp#1		Chc	26,58	0,0009	0,04							
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	*			<i>Oocystis</i> sp#1		Chc	29,62	0,0011	0,04							
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	*			<i>Cryptomonas</i> sp#1		Cr	95,68	0,1180	4,59							
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	8,06	0,0082	2,59	<i>Rhodomonas</i> sp#1		Cr	111,63	0,1050	0,41							
				<i>Melosira</i> sp#1	Dc	*			Total Cr					207,31	0,1285	5,00					
				<i>Meridion</i> sp#1	Dc	0,42	0,0001	0,04	<i>Anabaena cf planctonica</i>		Cia	1653,15	0,5622	21,85							
				<i>Rhoicosphenia</i> sp#1	Dc	4,96	0,0009	0,27	Total Cia					1653,15	0,5622	21,85					
				<i>Thalassiosira</i> sp#2	Dc	29,77	0,2314	72,86	<i>Peridinium cf williei</i>		D	10,63	0,5238	20,36							
				<i>Achnanthes</i> sp#1	Dnc	*			Total D					10,63	0,5238	20,36					
				<i>Amphora</i> sp#1	Dnc	*			<i>Asterionella formosa</i>		Dc	3,04	0,0014	0,05							
				<i>Cocconeis scutellum</i>	Dnc	0,85	0,0013	0,41	<i>Aulacoseira granulata</i>		Dc	15,95	0,0542	2,11							
				<i>Cyclotella</i> sp#1	Dnc	9,92	0,0043	1,37	<i>Fragilaria crotonensis</i>		Dc	1599,99	1,2826	49,85							
		<i>Diatoma</i> sp#1	Dnc	4,96	0,0227	7,16	Total Dc					1618,98	1,3382	52,01							
		<i>Diatomea</i> sp#9	Dnc	*			<i>Cocconeis cf placentula</i>	Dnc	5,32		0,0032	0,12									
		<i>Encyonema</i> sp#1	Dnc	0,42	0,0001	0,03	<i>Synedra</i> sp#1	Dnc	0,76		0,0029	0,11									
		<i>Fam. Naviculaceae</i> sp#6	Dnc	0,42	0,0010	0,32	Total Dnc					6,08	0,0061	0,24							
		<i>Fragilaria ulna</i>	Dnc	*																	
		<i>Navicula cf cryptocephala</i>	Dnc	9,92	0,0025	0,77															
		<i>Navicula cf rynchocephala</i>	Dnc	4,96	0,0022	0,70															
		<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	0,42	0,0001	0,02															
		<i>Nitzschia linearis</i>	Dnc	*																	
		<i>Nitzschia palea</i>	Dnc	4,96	0,0019	0,59															
		<i>Ulnaria ulna</i>	Dnc	1,27	0,0353	11,12															
		Total	Total Dnc			38,12	0,0714	22,49													
								97,20	0,3175			0,48									
		Total																3701,94	2,5731		4,59

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

EMBALSE DE SALIME



Datos generales	
Nombre	Salime
Cuenca	Cantábrico occidental
Tipología	3
Coordenadas UTM ETRS 89 HUGO30	X: 0.674.646 Y: 4.789.278
Altitud	226 m
Área de la cuenca	1805 Km ²
Superficie	685 ha
Capacidad	265,6 hm ³
Profundidad máxima	128 m



Parámetros	Campañas		2012		2013		2014		2015		2016		2017			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Temperatura atmosférica (°C)	16	12	3	9	18	21	4	17,5	20	17,5	11	15				
Condiciones meteorológicas	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Niebla	Despejado	Muy Nuboso	Muy Nuboso	Nuboso	Nuboso	Soleado	Muy Nuboso				
Pluviosidad (l/m²)	Histórica mensual		38	114	115	98	39,9	56,5	86,2	85,5	48,3	117,1	75,1	85,5		
	Mensual		16	81	154	113	18	78,8	168,8	26,2	50,7	137,3	95,8	89,5		
Color de agua	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verdoso	Verde	Verdoso	Verdoso	Verde Oscuro		
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor	Sin olor		
Presencia de blooms algales	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Profundidad máxima (m)	90	81	105	90	69,1	62,9	80	90	78	78,8	85	90				
Profundidad de disco de Secchi (m)	4,5	4,3	1,2	2	6	4,5	3,1*	3,5	3,1	7	3	3,5				
Zona fótica (m)	11,25	10,75	3,00	5,00	15,00	11,25	7,75	8,85	7,63	17,50	7,5	8,75				
Estratificación	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	No	Si				
Profundidad de termoclina (m)	11	40	-	11	5	50	8	-	6-8	-	-	5				
Alcalinidad (mg/l CaCO ₃)	10	10	20	40	15	30	50	10	30	50	85	85				
Amonio (mg/l NH ₄)	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,08				
Fosfatos (mg/l PO ₄)	0,014	0,023	0,016	0,012	0,017	0,069	0,022	0,005	0,000	0,000	0,004	0,001				
Nitratos (mg/l NO ₃)	0,264	0,075	0,602	0,926	0,354	0,979	1,310	0,213	0,487	0,974	1,284	0,576				
Nitritos (mg/l NO ₂)	0,099	0,005	0,007	0,003	0,036	0,003	0,029	0,010	0,015	0,010	0,013	0,014				
Silicatos (mg/l SiO ₂)	0,90	2,65	3,80	1,40	2,60	2,50	3,01	0,48	0,32	0,46	0,46	0,28				
Fósforo TOTAL (mg/l P)	0,21	0,17	0,07	0,4	0,29	0,52	0,04	0,35	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02				
Nitrógeno TOTAL (mg/l N)	0,20	0,30	0,60	2,80	0,20	0,80	0,42	0,30	<0,39	<0,39	<0,39	<0,39				
Clorofila a (µg/l)	1,76	2,35	1,40	26,70	2,46	3,69	4,50	10,17	17,83	1,73	16,97	19,50				
Fitoplancton	Biovolumen (mm³/l)	2,174	0,229	0,032	0,698	0,124	0,084	0,022	7,263	2,007	2,691	1,569				
	Densidad (cel/ml)	1.457,84	613,67	94,72	18.314,98	143,8	364,74	52,91	15.441,77	9.246,02	436,91	7.070,43	3.810,69			
Zooplancton	Abundancia (ind./l)	22	13	7,4	9,4	9	10,4	100,8	17,4	64,8	178,15	52				
	Peso (µg/l)	26,08	12,37	12,93	16,58	27,24	11,39	128,77	29,09	1,8	4,19	26,37				
Índice de Grupos Algales	0,37	1,69	1,04	2,29	0,62	1,18	64,24	17,79	8,01	46,86	45,18	0,28				
Porcentaje de Cianobacterias (%)	1,35	50,55	0	0	0	7,11	0	0	0	0	0	0				
Disco de Secchi (m) (mín. anual)	4,3	4,3	1,2	1,2	6	4,5	2,25	3,54	3,05	7	3	3,5				
O ₂ Hipolimnético (mg O ₂ /l)	6,30	4,50	9,45	7,15	7,53	5,01	11,44	9,10	8,18	7,81	9,99	9,02				
Estado Químico	No alcanza el buen estado		No alcanza el buen estado		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		Bueno	

*Disco de Secchi corregido al valor de bueno por elevada turbidez

Potencial Ecológico	Verano-2012		Otoño-2012		Invierno-2013		Primavera-2013		Verano-2014		Otoño-2014		Invierno-2015		Primavera-2015		Verano-2016		Otoño-2016		Invierno-2017		Primavera-2017	
	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}	Valor	EQR _{NORM}
Clorofila - a	1,76	1	2,35	0,92	1,40	1	26,70	0,10	2,46	0,91	3,69	0,68	4,50	0,72	10,17	0,56	17,83	0,32	1,73	1	16,97	0,34	19,50	0,29
Biovolumen	2,17	0,52	0,23	1	0,03	1	0,7	0,70	0,12	1	0,08	1	0,02	1	7,26	0,16	2,01	0,57	0,22	1	2,69	0,42	1,57	0,62
BIOMASA	0,76		0,96		1		0,40		0,95		0,84		0,86		0,36		0,44		1		0,38		0,46	
Índice de Grupos Algales (IGA)	0,37	0,99	1,69	0,94	1,04	0,95	2,29	0,88	0,62	0,98	1,18	0,94	64,24	0,52	17,79	0,59	8,01	0,70	46,87	0,54	45,18	0,55	0,28	0,99
Porcentaje de Cianobacterias	1,35	0,94	50,55	0,33	0	1	0	1	0	1	7,11	0,90	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
COMPOSICIÓN BIOMASA	0,97		0,63		0,97		0,94		0,99		0,92		0,76		0,79		0,85		0,77		0,77		1,00	
ÍNDICE DE POTENCIAL ECOLÓGICO	0,864		0,798		0,987		0,670		0,972		0,879		0,809		0,577		0,647		0,886		0,577		0,727	
	Máximo		Bueno		Máximo		Bueno		Máximo		Máximo		Máximo		Moderado		Bueno		Máximo		Moderado		Bueno	

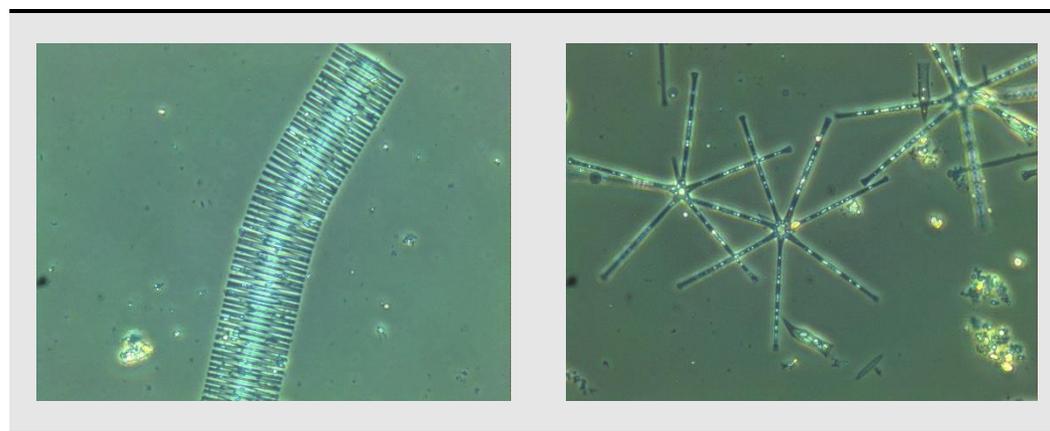
Estado trófico	Verano-2012	Otoño-2012	Invierno-2013	Primavera-2013	Verano-2014	Otoño-2014	Invierno-2015	Primavera-2015	Verano-2016	Otoño-2016	Invierno-2017	Primavera-2017
TSI P _{TOTAL} (µg/l)	81,3	78,2	65,4	90,5	85,9	94,3	57,3	88,6	47,3	47,3	47,3	47,3
TSI Clorofila A	36,1	39,0	33,9	62,8	39,4	43,4	45,4	53,4	58,9	36,0	58,4	59,7
TSI Disco de Secchi	38,3	39,0	57,4	50,0	34,2	38,3	43,7	41,8	43,9	32,0	44,2	41,9
TROPIC STATE INDEX (tsi)	51,91	52,06	52,23	67,79	53,17	58,69	48,80	61,25	50,05	38,44	49,96	49,68
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
ESTADO TRÓFICO CON DENSIDAD CELULAR	3,0	3,3	3,3	1,8	3,3	3,0	3,0	2,3	3,0	4,0	2,8	3,0
	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Hipereutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	
2012	1: Verano	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum spp.</i>	No aplica	*				2: Otoño	Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus obliquus</i>	No aplica	2,96	0,00005	0,002		
				<i>Scenedesmus spp.</i>	Chc	16,28	0,0001	0,002	<i>Eudorina</i>				Vc	*					
				Total Chc		16,28	0,0001	0,002	<i>Pandorina morum</i>				Vc	*					
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Eudorina spp.</i>	Vc	*					Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena spherica</i>	Cia	39,43	0,1160	50,55		
				<i>Pandorina spp.</i>	Vc	0,74	0,0021	0,10	Total Cia				39,43	0,1160	50,55				
				Total Vc		0,74	0,0021	0,10	<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc			0,74	0,0008	0,35				
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Ulothrix spp.</i>	Dc	*					Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	333,00	0,0495	21,59		
				<i>Anabaena spp.</i>	Cia	22,20	0,0260	1,20	<i>Tabellaria fenestrata</i>	Dc			236,80	0,0630	27,47				
				<i>Aphanocapsa spp.</i>	Cia	*			<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	Dc			*						
				<i>Chroococcales spp.</i>	Cia	*			Total Dc				570,54	0,1134	49,41				
				<i>Limnithrix spp.</i>	Cia	19,98	0,0023	0,11	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Dnc			0,74	0,0001	0,04				
				<i>Microcystis spp.</i>	Cia	1184,00	0,0010	0,05	Total Dnc				0,74	0,0001	0,04				
		Total Cia		1226,18	0,0293	1,35													
		Myxozoa	Dinophyceae	<i>Gymnodinium spp.</i>	D	*					Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Asterionella spp.</i>	Dc	19,24	0,0006	0,03		
				<i>Peridinium spp.</i>	D	*			<i>Tabellaria spp.</i>	Dc			47,36	0,0141	0,65				
<i>Prorocentrum spp.</i>	D			*			Total Dc		66,60	0,0147			0,68						
<i>Scrippsiella spp.</i>	D			3,74	0,00004	0,002	<i>Coscinodiscus spp.</i>	Dnc	35,52	2,1228			97,65						
Total D				3,74	0,00004	0,002	<i>Fragilaria spp.</i>	Dnc	108,78	0,0048			0,22						
<i>Asterionella spp.</i>	Dc			19,24	0,0006	0,03	Total Dnc		144,30	2,1276			97,87						
Total		1457,84	2,1739	0,37															
2013	3: Invierno	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum spp.</i>	No aplica	*				4: Primavera	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium depressum</i>	Cnc	*				
				<i>Eudorina sp.</i>	Vc	*			<i>Cosmarium spp.</i>				Cnc	59,20	0,0154	2,21			
				Total Chc		2,22	0,0055	16,84	Total Cnc					59,20	0,0154	2,21			
		Myxozoa	Dinophyceae	<i>Peridinium spp.</i>	D	*					Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Cosciatum microsporium</i>	Chc	4,44	0,0019	0,27		
				<i>Peridinium spp.</i>	D	*			Total Chc					4,44	0,0019	0,27			
				Total D		2,22	0,0055	16,84	<i>Westella botryoides</i>				Chnc	*					
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Dc	31,82	0,0013	4,02			Myxozoa	Dinophyceae	<i>Eudorina elegans</i>	Vc	*				
				<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	37,00	0,0198	60,99	<i>Pandorina morum</i>				Vc	*					
				<i>Fragilaria capucina</i>	Dc	*			<i>Peridinium cinctum</i>				D	*					
				<i>Tabellaria fenestrata</i>	Dc	22,94	0,0056	17,25	<i>Asterionella formosa</i>				Dc	660,80	0,0374	5,37			
				Total Dc		91,76	0,0267	82,26	<i>Fragilaria crotonensis</i>				Dc	1749,20	0,6262	89,74			
				<i>Cyclotella spp.</i>	Dnc	0,74	0,0003	0,90	<i>Tabellaria fenestrata</i>				Dc	140,60	0,0167	2,39			
		<i>Diatoma vulgaris</i>	Dnc	*			Total Dc		18250,60		0,6803	97,50							
		Total Dnc		0,74	0,0003	0,90		<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc		0,74	0,0001	0,02						
		Total		94,72	0,0325	1,04		Total Dnc			0,74	0,0001	0,02						
2016	5: Verano	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum leptocladum</i>	No aplica	37,62	0,0636	51,27		6: Otoño	Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena spiroides</i>	Cia	0,95	0,0060	7,11		
				<i>Staurastrum furcigerum</i>	No aplica	11,78	0,0544	43,85	Total Cia							7,11			
				<i>Tetraedron spp.</i>	Chnc	1,48	0,0001	0,07	Total Chc							*			
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Eudorina spp.</i>	Vc	*			Myxozoa		Dinophyceae	<i>Peridinium cinctum</i>	D	*					
				<i>Peridinium spp.</i>	D	*		<i>Asterionella formosa</i>				Dc	5,92	0,0001	0,17				
				Total Chnc		1,48	0,0001	0,07				<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	5,51	0,0362	42,93			
		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Anabaena spiroides</i>	Cia	*			Ochrophyta		Bacillariophyceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	342,00	0,0412	48,92			
				<i>Peridinium spp.</i>	D	0,74	0,0038	3,06				<i>Tabellaria fenestrata</i>	Dc	*					
				Total D		0,74	0,0038	3,06				Total Dc		*		92,02			
		Myxozoa	Dinophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Dc	1,90	0,0004	0,33			Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	2,96	0,0006	0,72		
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	88,80	0,0017	1,39	<i>Cyclotella meneghiniana</i>				Dnc	*					
				Total Dc		90,70	0,0021	1,72	<i>Nitzschia acicularis</i>				Dnc	0,74	0,0002	0,03			
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc	1,48	0,00003	0,02			<i>Nitzschia spp.</i>	Dnc	6,66	0,0001	0,12				
				Total Dnc		1,48	0,00003	0,02	Total Dnc			18314,98	0,6977	2,29					
				Total		143,80	0,1240	0,99											
2015	7: Invierno	Chlorophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum leptocladum</i>	No aplica	*			8: Primavera	Chlorophyta	Trebouxiophyceae	<i>Oocystis sp#2</i>	Chc	223,25	0,0623	0,86			
				<i>Paralia sulcata</i>	Dc	31,82	0,0061	28,02				Total Chc		223,25	0,0623	0,86			
				Total Dc		31,82	0,0061	28,02				<i>Rhodomonas sp#1</i>	Cr	55,81	0,0036	0,05			
		Chlorophyta	Coscinodiscophyceae	<i>Paralia sulcata</i>	Dc	31,82	0,0061	28,02			Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Rhodomonas sp#1</i>	Cr	55,81	0,0036	0,05		
				<i>Cryptomonas spp.</i>	Cr	21,09	0,0156	71,98		Total Cr				55,81	0,0036	0,05			
				Total Cr		21,09	0,0156	71,98		<i>Peridinium</i>			D	*					
		Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Cryptomonas spp.</i>	Cr	21,09	0,0156	71,98			Myxozoa	Dinophyceae	<i>Peridinium sp#1</i>	D	18,60	0,3494	4,81		
				<i>Peridinium</i>	D	*				Total D				18,60	0,3494	4,81			
				Total D		18,60	0,3494	4,81		<i>Asterionella formosa</i>			Dc	130,23	0,1280	1,76			
		Myxozoa	Dinophyceae	<i>Peridinium</i>	D	*				Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	14976,66	6,7113	92,40			
				<i>Peridinium sp#1</i>	D	18,60	0,3494	4,81				Total Dc		15106,89	6,8392	94,16			
				Total D		18,60	0,3494	4,81				<i>Naviculacea</i>	Dnc	*					
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Dc	130,23	0,1280	1,76			Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Naviculacea sp#6</i>	Dnc	18,60	0,0080	0,11		
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	14976,66	6,7113	92,40		<i>Nitzschia acicularis</i>			Dnc	18,60	0,0005	0,01			
				Total Dc		15106,89	6,8392	94,16		Total Dnc				37,21	0,0085	0,12			
Total		52,91	0,0216	62,24		Total		15441,77	7,2631	17,79									

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)

Año	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	C.	División	Clase	Especie	Grupo	Cél./ml	mm3/l	%	IGA	
2016	9: Verano	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Cosmarium</i> sp#1	No aplica	1428.83	0.0682	3.40		10: Otoño	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum</i> sp#1	No aplica	1.89	0.0235	10.74		
				<i>Staurastrum</i> sp#1	Chnc	5477.18	0.0144	0.72					<i>Scenedesmus</i> cf <i>linearis</i>	Chc	2.52	0.0002	0.11		
					Total Chnc	5477.18	0.0144	0.72					<i>Scenedesmus linearis</i>	Chc	*				
					Total Cr	119.07	0.0037	0.18					<i>Sphaerocystis</i> sp#1	Chc	*				
		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus</i> cf <i>linearis</i>	Cr	119.07	0.0037	0.18				Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Monoraphidium</i> cf <i>confortum</i>	Chnc	0.32	0.0001	0.01	
					Total Chc	14.88	0.1327	6.61			Total Chnc			0.32	0.0001	0.01			
					Total Chc	14.88	0.1327	6.61											
					Total Dnc	4.71	0.3436	17.13											
		Chlorophyta	Trebouxiophyceae	<i>Oocystis</i> sp#1	Chc	4.71	0.3436	17.13			Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Oocystis</i> sp#1	Chc	*				
				<i>Oocystis</i> sp#4	Chc	4.71	0.3436	17.13		<i>Rhodomonas</i> sp#1			Cr	3.72	0.0004	0.18			
					Total Dnc	4.71	0.3436	17.13					Total Cr	3.72	0.0004	0.18			
					Total Dnc	4.71	0.3436	17.13											
		Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Rhodomonas</i> sp#1	D	5.30	0.0027	0.14		Cyanobacteria	Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> sp#1	Cia	*					
					Total D	5.30	0.0027	0.14				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	2.20	0.0015	0.67			
		Myzozoa	Dinophyceae	<i>Peridinium</i> sp#3	D	2.94	0.3326	16.58				<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	44.05	0.0552	25.22			
					Total D	2.94	0.3326	16.58				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	13.22	0.0134	6.11			
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Synedra</i> sp#1	No aplica	50.79	0.0113	0.56		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Cocconeis placentula</i>	Dnc	3.72	0.0007	0.31			
				<i>Asterionella formosa</i>	Dc	28.85	0.0163	0.81				<i>Cyclotella</i> sp#2	Dnc	14.88	0.0030	1.37			
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	29.77	1.0660	53.12				<i>Diatomea</i> sp#4	Dnc	349.77	0.1188	54.27			
					Total Dc	58.61	1.0822	53.94				<i>Nitzschia</i> cf <i>palea</i>	Dnc	0.32	0.0001	0.03			
<i>Diatomea</i> sp#4	Dnc			267.91	0.0096	0.48		<i>Synedra</i> sp#1	Dnc			0.32	0.0022	0.99					
<i>Nitzschia acicularis</i>	Dnc			1815.80	0.0055	0.27		<i>Ulnaria ulna</i>	Dnc			*							
	Total Dnc			2083.71	0.0151	0.75			Total Dnc			369.00	0.1247	56.97					
	Total			9246.03	2.0065		8,01		Total			436.91	0.2188		46.87				
2017	11: Invierno	Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum</i> sp#1	No aplica	3.65	0.0532	1.98		Charophyta	Conjugatophyceae	<i>Staurastrum</i> cf <i>longipes</i>	No aplica						
				<i>Oocystis</i> sp#1	Chc	*						<i>Staurastrum</i> cf <i>longipes</i> (sp#1)	No aplica	11.90	0.1400	8.92			
		Chlorophyta	Trebouxiophyceae	<i>Oocystis</i> sp#1	Chc	*					<i>Coelastrum</i> sp#1	Chc	99.22	0.0089	0.57				
					Total Chc	99.22	0.0089	0.57											
		Haptophyta	Prymnesiophyceae	<i>Chrysochromulina</i> sp	No aplica	0.52	0.0005	0.02		Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>cf Nephrocystium</i> sp1	Chc	3001.53	0.1807	11.51			
				<i>Peridinium</i> sp#5	D	0.52	0.0328	1.22											
		Myzozoa	Dinophyceae	<i>Peridinium</i> sp#5	D	0.52	0.0328	1.22		Trebouxiophyceae	<i>Oocystis</i> sp#1	Chc	*						
					Total D	0.52	0.0328	1.22				Total Chc	3001.53	0.1807	11.51				
		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Asterionella formosa</i>	Dc	170.50	0.0750	2.79		Cryptophyta	Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> sp#1	Cr	322.48	0.3979	25.35			
				<i>Aulacoseira granulata</i>	Dc	4.69	0.0017	0.06				<i>Rhodomonas</i> sp#1	Cr	297.67	0.0290	1.78			
				<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	11.47	0.0115	0.43					Total Cr	620.15	0.4259	27.14			
				<i>Thalassiosira</i> sp	Dc	0.52	0.0034	0.12											
					Total Dc	187.18	0.0916	3.40				Myzozoa	Dinophyceae	<i>Peridinium</i> cf <i>willei</i>	D	15.87	0.7818	49.82	
				<i>Diatomea</i> sp#4	Dnc	6874.38	2.4905	92.55						<i>Peridinium</i> sp#1	D	*			
		<i>Nitzschia linearis</i>	Dnc	0.52	0.0007	0.03				Total D	15.87	0.7818	49.82						
		<i>Synedra</i> sp#1	Dnc	3.65	0.0216	0.80		Ochrophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Dc	12.40	0.0099	0.63					
	Total Dnc	6878.55	2.5129	93.38						Total Dc	12.40	0.0099	0.63						
									<i>Diatomea</i> sp#4	Dnc	37.21	0.0137	0.88						
									<i>Navicula</i> cf <i>rhynchocephala</i>	Dnc	12.40	0.0082	0.53						
									Total Dnc	49.61	0.0220	1.40							
									Total	3810.69	1.5693		0.28						

(* Especie encontrada en el análisis cualitativo)



De izquierda a derecha: *Fragilaria crotonensis* y *Asterionella formosa* detectadas en la campaña primaveral de 2015.

*El fitoplancton en el contexto de la Directiva Marco del Agua:
variabilidad de la comunidad, consideraciones sobre
el índice de potencial ecológico (IPE) y nueva propuesta
para embalses del norte de España.*

ANEXO III - TABLAS

Tabla 47. Potencial Ecológico de los embalses estudiados.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	0,988	0,994	0,995	0,995	1	0,995	1	0,883	1	0,881	0,872	0,988
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
PRIAÑES	0,992	0,995	0,995	0,994	1	0,995	1	1	1	0,957	0,935	1
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
VALDEMURIO	0,848	0,995	0,995	0,995	0,913	0,994	0,956	1	1	0,998	0,991	0,913
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
PILOTUERTO	0,992	0,992	0,992	0,992	0,997	0,992	0,941	0,968	0,981	0,974	0,995	0,993
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
LA BARCA	0,496	0,943	0,992	0,858	0,785	0,695	0,747	0,602	0,370	0,627	0,997	0,746
	Mod.	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Bue.	Bue.	Def.	Bue.	Max.	Bue.
RIOSECO	0,994	0,994	0,995	0,985	0,903	0,936	0,958	0,859	0,848	0,695	1,000	0,638
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Max.	Bue.
TANES	0,947	0,992	0,995	0,912	0,898	0,993	0,977	0,779	0,924	0,602	0,957	0,864
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Max.	Bue.	Max.	Max.
SALIENCIA	0,978	0,995	0,995	0,995	1,000	0,995	0,986	0,992	1,000	1,000	0,927	1,000
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
SOMIEDO	0,978	0,995	0,994	0,811	1,000	0,995	1,000	0,924	1,000	1,000	0,974	0,950
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
VALLE I	0,992	0,996	0,994	0,980	0,558	0,995	0,975	0,983	0,958	1	0,954	0,985
	Max.	Max.	Max.	Max.	Mod.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
VALLE II	1,000	0,967	0,995	0,994	1,000	0,959	0,977	0,834	1,000	1,000	1,000	1,000
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
SALIME	0,864	0,798	0,987	0,670	0,972	0,879	0,809	0,577	0,647	0,886	0,577	0,727
	Max.	Bue.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Mod.	Buen.	Max.	Mod.	Bue.

Tabla 48. Grado de eutrofia según TSI de los embalses estudiados.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	54,60	52,10	44,92	50,25	48,13	54,47	58,01	51,90	45,28	46,23	43,88	48,58
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.
PRIAÑES	56,27	54,98	46,1	52,50	52,01	56,89	58,36	50,25	52,63	44,08	45,58	51,37
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.
VALDEMURIO	59,40	49,61	52,92	39,09	53,06	69,87	56,22	47,07	39,82	36,98	41,57	45,92
	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Eut.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Mes.	Mes.
PILOTUERTO	55,09	44,05	47,02	41,86	46,94	61,03	65,14	49,66	33,65	34,92	35,56	35,99
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Eut.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
LA BARCA	65,63	50,51	36,70	52,24	45,99	60,73	47,21	58,07	50,63	46,26	36,78	43,67
	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.
RIOSECO	53,94	51,73	39,99	54,24	42,82	55,51	46,53	57,16	32,79	44,55	41,11	46,69
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.
TANES	53,41	47,78	37,87	48,35	45,41	53,07	46,09	56,31	39,81	44,55	38,66	39,83
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.
SALIENCIA	46,51	40,65	48,26	43,18	44,59	45,31	39,25	27,61	32,58	33,02	41,11	33,02
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.
SOMIEDO	51,84	41,12	53,24	45,92	43,15	44,51	42,21	50,15	32,58	33,02	32,72	33,02
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
VALLE I	51,50	43,62	47,00	50,83	57,64	43,15	48,58	45,57	30,35	31,02	31,45	41,12
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.
VALLE II	51,82	50,54	42,50	47,78	42,33	57,73	45,91	53,19	28,17	39,54	37,11	35,48
	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
SALIME	51,91	52,06	52,23	67,79	53,17	58,69	48,80	61,25	50,05	38,44	49,96	49,68
	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.

Tabla 49. Grado de eutrofia según ET de los embalses estudiados.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	3,3	3,5	3,8	3,3	3,5	3,5	3,0	3,5	3,8	3,5	3,3	3,5
	Mes.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.
PRIAÑES	3,3	3,3	3,8	3,0	3,3	3,3	2,8	3,3	3,25	3,5	3,3	3,0
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.
VALDEMURIO	2,8	3,8	3,5	4,0	3,0	3,5	3,3	3,3	3,8	4,0	3,5	3,5
	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
PILOTUERTO	3,8	3,8	3,8	4,3	3,8	3,3	3,3	3,3	4,3	4,0	4,5	4,0
	Olig.	Olig.	Olig.	Ultraol.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Ultraol.	Olig.	Ultraol.	Olig.
LA BARCA	2,5	3,3	4,0	2,8	3,3	2,5	4,0	2,5	2,5	3,0	4,3	3,3
	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Eut.	Olig.	Eut.	Eut.	Mes.	Ultraol.	Mes.
RIOSECO	3,3	3,0	3,8	3,3	3,5	2,8	3,3	2,8	3,8	3,3	3,8	3,3
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.
TANES	3,3	3,3	4,0	3,0	3,5	3,0	3,8	2,8	3,8	3,3	4,0	3,8
	Mes.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.
SALIENCIA	3,8	4,0	3,8	3,8	3,8	3,8	4,3	3,8	4,3	4,3	3,8	4,3
	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Ultraol.	Olig.	Ultraol.	Ultraol.	Olig.	Ultraol.
SOMIEDO	3,8	4,0	3,5	3,8	3,8	3,8	4,0	3,8	4,3	4,3	4,0	4,0
	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Ultraol.	Ultraol.	Olig.	Olig.
VALLE I	3,5	3,8	3,5	3,3	3,0	4,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	3,8
	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.	Olig.
VALLE II	3,5	3,3	3,8	3,8	4,0	3,0	3,5	3,3	4,5	3,8	4,0	4,0
	Olig.	Mes.	Olig.	Olig.	Olig.	Mes.	Olig.	Mes.	Ultraol.	Olig.	Olig.	Olig.
SALIME	3,0	3,3	3,3	1,8	3,3	3,0	3,0	2,3	3,0	4,0	2,8	3,0
	Mes.	Mes.	Mes.	Hiper.	Mes.	Mes.	Mes.	Eut.	Mes.	Olig.	Mes.	Mes.

Tabla 62. Resultados del IPE-PV de los embalses estudiados.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	0,951	0,975	0,978	0,978	1,00	0,979	1,00	0,532	1,00	0,531	0,683	0,961
	Max.	Mod.	Max.	Mod.	Bue.	Max.						
PRIAÑES	0,978	0,982	0,978	0,975	1,00	0,978	1,00	0,997	1,00	0,826	0,864	1,00
	Max.											
VALDEMURIO	0,409	0,978	0,978	0,977	0,652	0,975	0,846	1,00	1,00	0,993	0,962	0,651
	Mod.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.
PILOTUERTO	0,967	0,967	0,967	0,967	0,989	0,969	0,764	0,883	0,925	0,971	0,981	0,973
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
LA BARCA	0,012	0,825	0,967	0,464	0,370	0,298	0,241	0,306	0,222	0,230	0,986	0,441
	Malo	Max.	Max.	Mod.	Def.	Def.	Def.	Def.	Def.	Def.	Max.	Mod.
RIOSECO	0,975	0,976	0,978	0,966	0,610	0,768	0,830	0,655	0,615	0,461	1,000	0,420
	Max.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Bue.	Mod.	Max.	Mod.
TANES	0,821	0,968	0,978	0,672	0,593	0,973	0,906	0,506	0,794	0,20	0,828	0,550
	Max.	Max.	Max.	Bue.	Mod.	Max.	Max.	Mod.	Bue.	Def.	Max.	Mod.
SALIENCIA	0,933	0,978	0,978	978	1,000	0,978	0,942	0,967	1,000	1,000	0,709	0,998
	Max.	Bue.	Max.									
SOMIEDO	0,933	0,978	0,978	0,267	1,000	0,978	1,000	0,736	1,000	1,000	0,896	0,798
	Max.	Max.	Max.	Def.	Max.	Max.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Bue.
VALLE I	0,977	0,982	0,977	0,931	0,139	0,978	0,900	0,932	0,883	0,999	0,824	0,959
	Max.	Max.	Max.	Max.	Malo	Max.						
VALLE II	1,000	0,890	0,978	0,977	1,000	0,856	0,907	0,604	1,000	1,000	1,000	1,000
	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.						
SALIME	0,523	0,326	0,947	0,104	0,905	0,678	0,517	0,156	0,320	0,544	0,337	0,293
	Mod.	Def.	Max.	Malo	Max.	Bue.	Mod.	Malo	Def.	Mod.	Def.	Def.

Tabla 70. Resultados del IPE-PV corregido con FQ.

Masa de Agua	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ver. C1	Oto. C2	Inv. C3	Prim. C4	Ver. C5	Oto. C6	Inv. C7	Prim. C8	Ver. C9	Oto. C10	Inv. C11	Prim. C12
FURACÓN	0,951 ↓	0,975 ↓	0,978 ↓	0,978 ↓	1,00 ↓	0,979 ↓	1,00 ↓	0,532	1,00 ↓	0,531	0,683	0,961 ↓
	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Mod.	Bue.	Mod.	Bue.	Bue.
PRIAÑES	0,978 ↓	0,982 ↓	0,978 ↓	0,975 ↓	1,00 ↓	0,978 ↓	1,00 ↓	0,997 ↓	1,00 ↓	0,826 ↓	0,864	1,00 ↓
	Bue.	Mod.	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Bue.	Bue.	Mod.	Bue.	Max.	Bue.
VALDEMURIO	0,409	0,978 ↓	0,978 ↓	0,977 ↓	0,652	0,975 ↓	0,846	1,00 ↓	1,00	0,993	0,962	0,651
	Mod.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Bue.
PILOTUERTO	0,967 ↓	0,967 ↓	0,967 ↓	0,967	0,989 ↓	0,969 ↓	0,764	0,883 ↓	0,925	0,971	0,981	0,973 ↓
	Mod.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Mod.	Bue.	Bue..	Max.	Max.	Max.	Bue.
LA BARCA	0,012	0,825 ↓	0,967	0,464	0,370	0,298	0,241	0,306	0,222	0,230	0,986	0,441
	Malo	Bue.	Max.	Mod.	Def.	Def.	Def.	Def.	Def.	Def.	Max.	Mod.
RIOSECO	0,975 ↓	0,976 ↓	0,978 ↓	0,966 ↓	0,610	0,768 ↓	0,830	0,655	0,615	0,461	1,000	0,420
	Mod.	Mod.	Bue.	Bue.	Bue.	Mod.	Max.	Bue.	Bue.	Mod.	Max.	Mod.
TANES	0,821	0,968 ↓	0,978 ↓	0,672 ↓	0,593	0,973 ↓	0,906	0,506	0,794	0,20	0,828	0,864
	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Mod.	Mod.	Max.	Mod.	Bue.	Def.	Max.	Mod.
SALIENCIA	0,933 ↓	0,978 ↓	0,978 ↓	0,978 ↓	1,000 ↓	0,978 ↓	0,942	0,967 ↓	1,000	1,000	0,709	0,998
	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Max.	Max.	Bue.	Max.
SOMIEDO	0,933 ↓	0,978 ↓	0,978 ↓	0,267	1,000 ↓	0,978 ↓	1,000 ↓	0,736	1,000	1,000	0,896	0,798
	Bue.	Bue.	Bue.	Def.	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Bue.
VALLE I	0,977 ↓	0,982 ↓	0,977 ↓	0,931 ↓	0,139	0,978 ↓	0,900 ↓	0,932 ↓	0,883	0,999	0,824	0,959
	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Malo	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.
VALLE II	1,000 ↓	0,890 ↓	0,978 ↓	0,977 ↓	1,000	0,856 ↓	0,907 ↓	0,604	1,000	1,000	1,000	1,000
	Bue.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Bue.	Bue.	Bue.	Max.	Max.	Max.	Max.
SALIME	0,523	0,326	0,947 ↓	0,104	0,905 ↓	0,678	0,517	0,156	0,320	0,544	0,337	0,293
	Mod.	Def.	Bue.	Malo	Bue.	Bue.	Mod.	Malo	Def.	Mod.	Def.	Def.