Comunidad de Madrid

Centro de Investigación, Seguimiento y Evaluación Sierra de Guadarrama

Caracterización ecológica de las balsas artificiales del Monte Cabeza de Hierro

INFORME

Año 2022

SIERRA DE GUADARRAMA PARQUE NACIONAL

Centro de Investigación Seguimiento y Evaluación Sierra de Guadarrama Parque Nacional

CONSEJERIA DE MEDIOAMBIENTE, VIVIENDA Y AGRICULTURA

DIRECCION GENERAL DE BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES

CENTRO DE INVESTIGACIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACION

PARQUE NACIONAL DE LA SIERRA DE GUADARRAMA

Caracterización ecológica de las balsas artificiales del Monte Cabeza de Hierro

Autores

Ignacio Granados, CISE

Ángel Rubio, CISE

Jose Luis Izquierdo, CISE

Coordinación

Juan A. Vielva Juez. Responsable del Centro de Investigación (CISE)

Caracterización ecológica de las balsas artificiales del Monte Cabeza de Hierro

V2_septiembre 2022

Índice

PREFACIO 5
1. Antecedentes y justificación 6
2. Caracterización 7
2.1. Localización 7
2.2. Morfometría 10
2.3. Fisicoquímica 11
2.4. Macroinvertebrados acuáticos 19
2.5. Zooplancton 23
2.6. Vegetación 27
2.7. Vertebrados 29
2.8. Estado ecológico 30
3. Recomendaciones de gestión 32
4. Fichas de las balsas artificiales 33
4.1. BEL01 33
4.2. BEL02 36
4.3. BEL03 39
4.4. BEL04 42
4.5. BEL05 44
4.6. BEL06 47
4.7. BEL07 49
4.8. BEL08 52
4.9. BEL09 55
4.10. BEL10 57
4.11. BEL11 60
4.12. BEL12 64
4.13. BEL13 67
5. Bibliografía 69

Fotos

Foto 1. Vista de la balsa BEL01 en junio de 2022. 33
Foto 2. Canal de salida de BEL01 en junio de 2022. 34
Foto 3. Detalle del agua coloreada de BEL01 y algunos macrófitos en junio de 2022. 34
Foto 4. Vista panorámica de BEL01 desde el dique en junio de 2022. 34
Foto 5. Vista del dique de BEL01 en mayo 2004, donde se observa el proceso de erosivo que culminó con su rotura. 35
Foto 6. Vista de BEL01 en mayo de 2004, con muy poca vegetación en sus orillas. 35
Foto 7. Vista de la balsa BEL02 en junio de 2022. 36
Foto 8. Canal de salida de BEL02 en junio de 2022. 37
Foto 9. Vista panorámica de BEL02 desde el dique en junio de 2022. 37
Foto 10. Vista panorámica de la balsa BEL02 en mayo de 2004, sin apenas vegetación litoral. 38
Foto 11. Vista de la balsa BEL03 en junio de 2022. 39
Foto 12. Vista de BEL03, con la predera de *Potamogeton* y perifiton sobre otros macrófitos sumergidos en junio de 2022. 40
Foto 13. Canal de salida de BEL03 en junio de 2022. 40
Foto 14. Vista panorámica de BEL03 en junio de 2022. 41
Foto 15. Vista de BEL03 en mayo de 2004. 41
Foto 16. Vista de la balsa BEL04 en junio de 2022. 42
Foto 17. Vista de la balsa BEL04 en junio de 2022 43
Foto 18. Vista panorámica de BEL04 desde la orilla opuesta al dique en junio de 2022. 43
Foto 19. Vista de la balsa BEL05 en junio de 2022. 44
Foto 20. Canal de salida de BEL05 en junio de 2022 45
Foto 21. Vista de BEL05, con un sauce emergiendo, *Fontinalis* en la columna de agua y *Typha* al fondo en junio de 2022. 45
Foto 22. Vista panorámica de BEL05 en junio de 2022 46
Foto 23. Vista de la balsa BEL06 en junio de 2022. 47
Foto 24. Vista de la balsa BEL06 en junio de 2022 48
Foto 25. Vista panorámica de BEL06 en junio de 2022 48
Foto 26. Vista de la balsa BEL07 en junio de 2022. 49
Foto 27. Canal de salida de BEL07 en junio de 2022 50
Foto 28. Vista panorámica de BEL07 en junio de 2022. 50
Foto 29. Vista panorámica de BEL07 en junio de 2022. 51
Foto 30. Vista de la balsa BEL08 en junio de 2022. 52
Foto 31. Vista de la balsa BEL08 en junio de 2022. 53
Foto 32. Vista de la ubicación de balsa BEL08 en junio de 2022 (no se aprecia la lámina de agua) 53
Foto 33. Vista panorámica de la balsa BEL08 en junio de 2004, sin apenas vegetación litoral. 54
Foto 34. Vista panorámica de la balsa BEL08 en junio de 2004, sin apenas vegetación litoral. 54
Foto 35. Vista de la balsa BEL09 en junio de 2022. 55
Foto 36. Vista de la balsa BEL09 en junio de 2022, donde se aprecia que no está entrando agua y el descenso de nivel. 56

Foto 37. Vista de BEL09 en mayo de 2004. 56
Foto 38. Vista de la balsa BEL10 en junio de 2022. 57
Foto 39. Canal de salida de BEL10 en junio de 2022. 58
Foto 40. Vista de la balsa BEL10 en junio de 2022. 58
Foto 41. Vista de BEL10 en junio de 2004, con mucha menos vegetación acuática y de orilla. 59
Foto 42. Vista de la balsa BEL11 en junio de 2022. 60
Foto 43. Vista de BEL11 en junio de 2022. 61
Foto 44. Vista de BEL11 en junio de 2022. 61
Foto 46. Vista de BEL11 en febrero de 2022, completamente cubierta de hielo. 62
Foto 48. Vista de BEL11 en julio de 2004. 63
Foto 49. Vista de BEL11 en julio de 2004, donde ya se aprecia el crecimiento de *Callitriche brutia.* 63
Foto 50. Vista de la balsa BEL12 en junio de 2022. 64
Foto 51. Vista BEL12 en junio de 2022. 65
Foto 52. Vista BEL12 en junio de 2022. 65
Foto 53. Vista BEL12 en febrero de 2022, parcialmente cubierta de hielo. 66
Foto 56. Vista de la balsa BEL13 en junio de 2022. 67
Foto 57. Vista de BEL13 en junio de 2022. 68
Foto 58. Vista panorámica de BEL13 en junio de 2022. 68

Figuras

Figura 1. Localización de las balsas artificiales en el Monte Cabeza de Hierro (línea morada, no se incluye toda la superficie). 7
Figura 2. Altitud de las balsas artificiales del Monte Cabeza de Hierro 9
Figura 3. Profundidad máxima de las balsas del Monte Cabeza de Hierro. 11
Figura 4. Temperatura del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022. 11
Figura 5. Porcentaje de saturación de oxígeno del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022 12
Figura 6. pH del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022 13
Figura 7. Conductividad del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022 14
Figura 8. Alcalinidad del agua superficial de las balsas artificiales 2022. En 2004 no se analizó este parámetro. 14
Figura 9. Concentración de calcio del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022 15
Figura 10. Concentración de magnesio del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022 15
Figura 11. Color aparente del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022 16
Figura 12. Color real o verdadero del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022 17
Figura 13. Fósforo total del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022. Umbrales entre los distintos niveles tróficos según la OECD (1982). 18
Figura 14. Concentración de clorofila *a* del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022. Umbrales entre los distintos niveles tróficos según la OECD (1982): [1]Valores medios anuales, [2]Valores máximos anuales. *Sin datos. 19

PREFACIO

A finales de los años 70, y sobre todo a principio de la década de los ochenta, la Sociedad Belga de los Pinares de El Paular, propietaria entonces del pinar denominado “Cabeza de Hierro” en Rascafría, llevó a cabo una serie de importantes acciones para la defensa del fuego en el monte, acciones consistentes, principalmente, en la mejora de pistas, puentes y pasos de agua. Mejoras que fueron posibles al acceder, la propiedad del monte, durante esos años, a diferentes ayudas públicas para esos fines.

Entre las acciones para la defensa de incendios se destaca la implementación de varias lagunas, charcas o represamientos de agua aprovechando pequeños nacientes, proximidad de arroyos e incluso alguna charca natural existente.

De esta forma, aparecieron en el monte trece charcas o balsas artificiales, de las que se pensó que además del objetivo inicial, se comportarían con el tiempo como interesantes humedales para albergar fauna, y flora de interés.

Ya en el 2004, se realizó una primera caracterización ecológica que confirmaba la utilidad añadida que se preveía, pero ha sido ahora, con motivo de diversos estudios que llevamos a cabo en el Monte cabeza de Hierro, propiedad del Organismo Autónomo de Parques Nacionales, estudios que se llevan a cabo en cumplimiento de lo ordenado por la Asamblea de Madrid en la sesión del pasado mayo, cuando se ha realizado un estudio minucioso de estas charcas o humedales.

De esos estudios surge este minucioso informe, que contiene la caracterización de cada charca, aportando conocimiento de los valores de las mismas, así como de la importancia de las comunidades vegetales, y faunísticas en ellas instaladas a lo largo de los años.

JUAN VIELVA JUEZ
RESPONSABLE DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN.

1. Antecedentes y justificación

El Parque Natural de Peñalara, dentro de su ámbito de actuación en la Zona Periférica de Protección, realizó en 2004 una caracterización ecológica de las balsas de agua existentes en el Monte Cabeza de Hierro. El objetivo de aquel estudio inicial fue realizar un reconocimiento inicial de los valores ecológicos presentes en estos sistemas acuáticos artificiales, y ponerlos en contexto con los cercanos Humedales del Macizo de Peñalara, declarados como Sitio Ramsar en el año 2006.

A finales de 2021, el Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN) y la sociedad propietaria del Monte Cabeza de Hierro firmaron un acuerdo de compraventa. Posteriormente, la Comisión de Medio Ambiente, Vivienda y Agricultura de la Asamblea de Madrid, en sesión celebrada el día 3 de mayo de 2022, aprobó la resolución 2/2022 en la que se insta al gobierno de la Comunidad de Madrid a iniciar los trabajos para la realización de un estudio sobre la fauna, la flora, los usos, los valores paisajísticos históricos y patrimoniales del Monte Cabeza de Hierro conocido popularmente como Pinar de los Belgas.

Por tanto, desde el Centro de Investigación, Seguimiento y Evaluación del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama se ha considerado pertinente actualizar la información y caracterización ecológica de las balsas de agua del mencionado monte como contribución a dicho estudio.

2. Caracterización

2.1. Localización

En el Monte Cabeza de Hierro hay 13 balsas artificiales creadas con el fin de disponer de puntos de agua en caso de incendio (Figura 1, Tabla 1, Fichas del apartado 4).

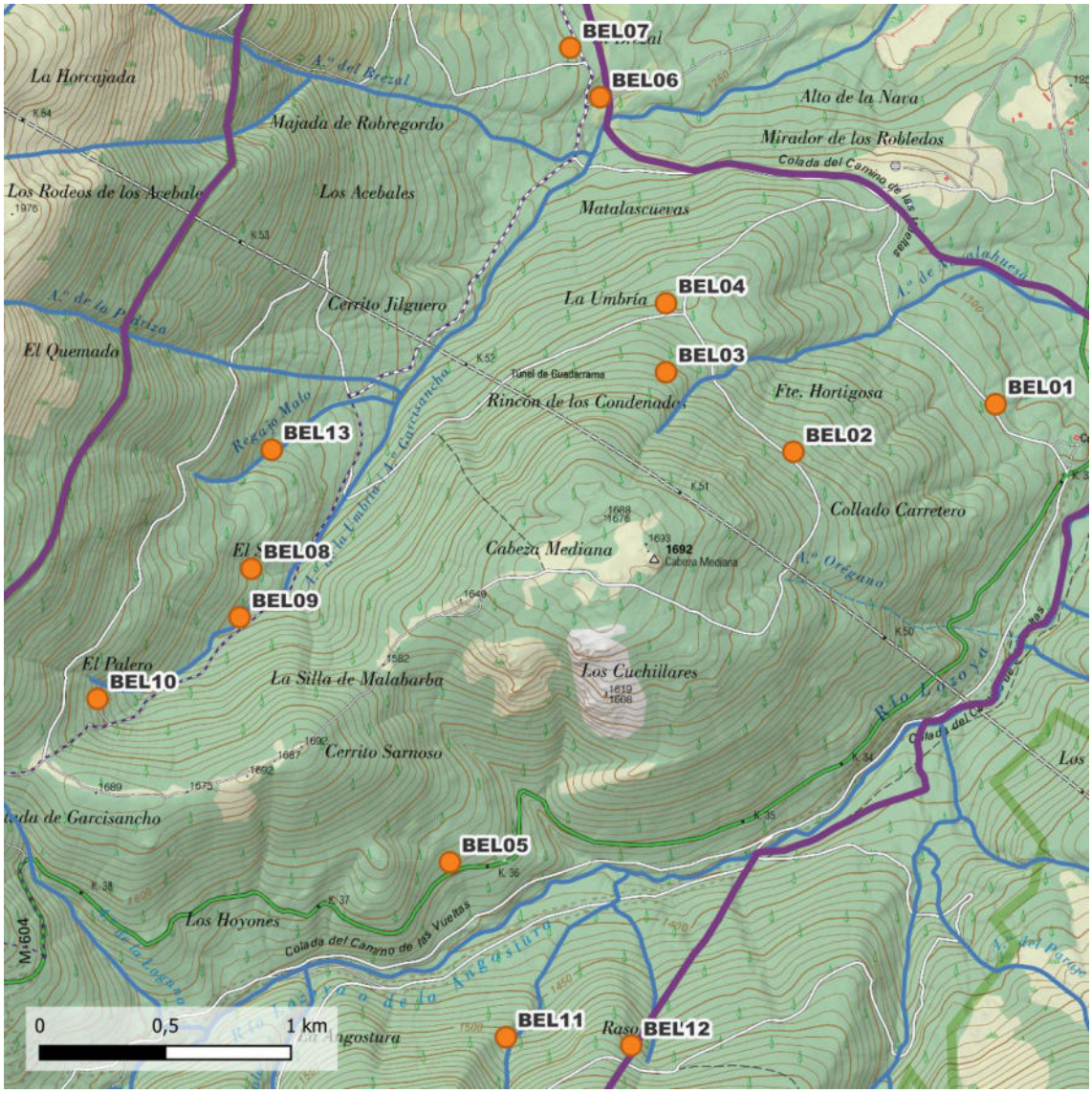


Figura 1. Localización de las balsas artificiales en el Monte Cabeza de Hierro (línea morada, no se incluye toda la superficie).

En el *Proyecto de Ordenación del Monte Cabeza de Hierro* de 1977, en el apartado de mejoras figura "Construcción de puntos de agua, cercanos a las vías de saca, y aprovechando las muchas fuentes permanentes del monte. Mediante sencillas arquetas de fábrica, se facilitaría la posible carga de camiones cisterna". No se conoce con seguridad cuando se construyeron estas balsas, pero mediante la comparación de fotos aéreas y mapas topográficos antiguos se constata que

fue entre 1980 y 1988. También se desarrollaron varias de las pistas forestales y los accesos a las balsas. La balsa BEL08 no se aprecia en el mapa topográfico 1:5000 de 1988 ni en la foto de ortofoto 1991, pero probablemente la construcción fue en la misma fecha que el resto. BEL06 y BEL07 no aparecen en ninguna cartografía, reforzando la hipótesis de que son charcas naturales modificadas.

Tabla 1. Códigos de las balsas utilizados en los muestreos, nombre(s) de las balsas de acuerdo con la toponimia local o su denominación en el inventario de puntos de agua, del Servicio de Incendios Forestales junto con las fechas en las que se han muestreado en 2004 y 2022.

BALSA	Nombre(s)	Muestreo en 2004	Muestreo en 2022
BEL01	Casa de la Horca	25/05/2004	--
BEL02	Fuente Hortigosa, Ortigosa	18/05/2004	20/06/2022
BEL03	Los Condenados, Cabeza Mediana	21/06/2004	20/06/2022
BEL04	Collado de Los Alonsos	21/05/2004	21/06/2022
BEL05	La Gamonosa	27/05/2004	22/06/2022
BEL06	El Brezal I	28/05/2004	27/06/2022
BEL07	El Brezal II	28/05/2004	27/06/2022
BEL08	El Sestil I, Palero II	08/06/2004	22/06/2022
BEL09	El Sestil II, Palero I	31/05/2004	27/06/2022
BEL10	Sillada de Garcisancho, Charca de los Plumeros	14/06/2004	21/06/2022
BEL11	Peñamala, Raso del Baile II	01/07/2004	22/06/2022
BEL12	Raso del Baile, Raso del Baile I	30/06/2004	22/06/2022
BEL13	Regajo malo, La Pedriza	--	21/06/2022

En el año 2004 se realizó una primera campaña de caracterización de estos humedales artificiales. Esa campaña se realizó a lo largo de los meses de mayo a julio, de manera que la mayoría de las balsas se muestrearon un poco antes que en la campaña de 2022, en la que los muestreos se concentraron en una única semana de la segunda quincena de junio (Tabla 1). En 2004 no se muestreó BEL13. Por el contrario, en la campaña de 2022 no se muestreó BEL01 ya que el dique de esa balsa se había reconstruido apenas un mes antes tras una rotura que había dejado la balsa prácticamente sin agua durante los dos años anteriores.

Las balsas se sitúan aproximadamente en la ladera este de Cabeza Mediana (BEL01, BEL02, BEL03, BEL04), a lo largo del eje del arroyo de la Umbría (BEL10, BEL09, BEL08, BEL13, BEL07, BEL06) y otras tres en el eje del arroyo de La Angostura (BEL05, BEL11, BEL12).

Las balsas están situadas entre 1270 y 1610 m s.n.m., abarcando un rango altitudinal de 340 m (Figura 2). Las balsas situadas a menor altitud son dos balsas muy próximas, BEL06 y BEL07, situadas por debajo de los 1300 m s.n.m. Por el contrario, las únicas situadas por encima de los 1500 m s.n.m. están situadas en vertientes opuestas del monte, BEL10 y BEL12. Por su localización, la superficie de las balsas se hiela prácticamente todos los años (Foto 47, Foto 54).

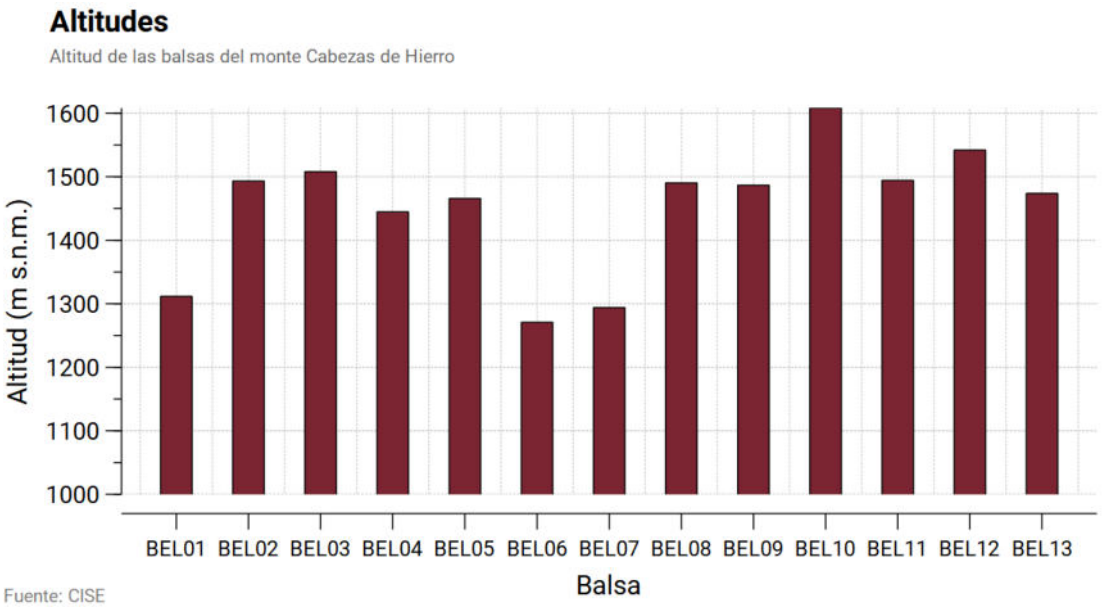


Figura 2. Altitud de las balsas artificiales del Monte Cabeza de Hierro

Todas las balsas están rodeadas en mayor o menor medida por el pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*), aunque se pueden encontrar pequeñas diferencias entre la vegetación circundante de cada una de ellas (Tabla 2).

Tabla 2. Vegetación circundante en las balsas del Monte Cabeza de Hierro.

BALSA	Vegetación circundante
BEL02	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Genista florida*.
BEL03	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Genista cinerascens*, *Pteridium aquilinum*.
BEL04	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Quercus pyrenaica* y *Pteridium aquilinum*.
BEL05	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Pteridium aquilinum*, *Genista florida* y *Quercus pyrenaica*.
BEL06	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Pteridium aquilinum*, *Quercus pyrenaica* y *Ilex aquifolium*.
BEL07	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Pteridium aquilinum*, *Quercus pyrenaica* y *Ilex aquifolium*.
BEL08	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Genista florida* y *Pteridium aquilinum*.
BEL09	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Genista florida* y *Pteridium aquilinum*.
BEL10	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Genista florida*, *Pteridium aquilinum*.
BEL11	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Genista florida* y *Pteridium aquilinum*.
BEL12	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Genista florida* y *Pteridium aquilinum*.
BEL13	Pinar mesófilo de pino albar (*Pteridio aquilini-Pinetum ibericae*). Pinar con *Genista florida*.

Estos pinares constituyen la vegetación natural y potencial del piso bioclimático en el que se encuentra el monte (piso supratemplado), según Rivas-Martínez et al. (2021). La vegetación acuática y de la orilla estricta de las balsas se recoge en el apartado 2.6.

2.2. Morfometría

La mayoría de las balsas están construidas mediante represamiento con un dique en las cercanías de algún arroyo desde el que se desvía parte del caudal para alimentar la balsa. Alguna aprovecha también alguna surgencia próxima. La excepción más notable son BEL06 y BEL07, en las que aparentemente se ha aprovechado una depresión natural del terreno y no tiene un dique de recrecimiento. Generalmente el dique cuenta con un rebaje que permite la salida del agua por desbordamiento, aunque en algún caso la balsa no dispone de salida superficial. No están impermeabilizadas con materiales artificiales.

La Tabla 3 muestra los principales parámetros morfométricos de las balsas. Tienen una forma entre rectangular y elíptica, con una longitud máxima media de 26 m (rango 14-36 m). Así, la superficie inundada varía aproximadamente entre 100 y 700 m^2. En general tienen orillas relativamente escarpadas, buscando maximizar el volumen embalsado respecto a la superficie de la balsa. La profundidad máxima de las balsas con dique oscila entre 1.25 y 2.8 m (media 2.1). Las dos balsas que no cuentan con dique no llegan a 1 m de profundidad máxima (Figura 3). Se trata por tanto de sistemas acuáticos relativamente profundos en el contexto de la Sierra de Guadarrama, ya que las centenares de charcas y lagunillas naturales en muy pocas ocasiones superan 1 m de profundidad máxima.

Tabla 3. Parámetros morfométricos de las balsas del Monte Cabeza de Hierro. La longitud y anchura se obtuvieron en 2004 (excepto BEL13), cuando el perímetro de la balsa estaba mucho más despejado de vegetación. La profundidad máxima es la obtenida en 2022 (Excepto BEL01) mediante ecosonda corregida para el nivel máximo de la balsa.

BALSA	Longitud máxima (m)	Anchura máxima (m)	Profundidad máxima (m)
BEL01	28.5	20.5	1.7
BEL02	28.5	21	2.8
BEL03	30	25	2.1
BEL04	20	18	1.9
BEL05	32	28	1.8
BEL06	36	25	0.5
BEL07	22	20	0.8
BEL08	15	8.5	2.4
BEL09	14	10	1.3
BEL10	33	15	1.7
BEL11	30	20	2.1
BEL12	25	18.5	2.7
BEL13	18	16	2.6

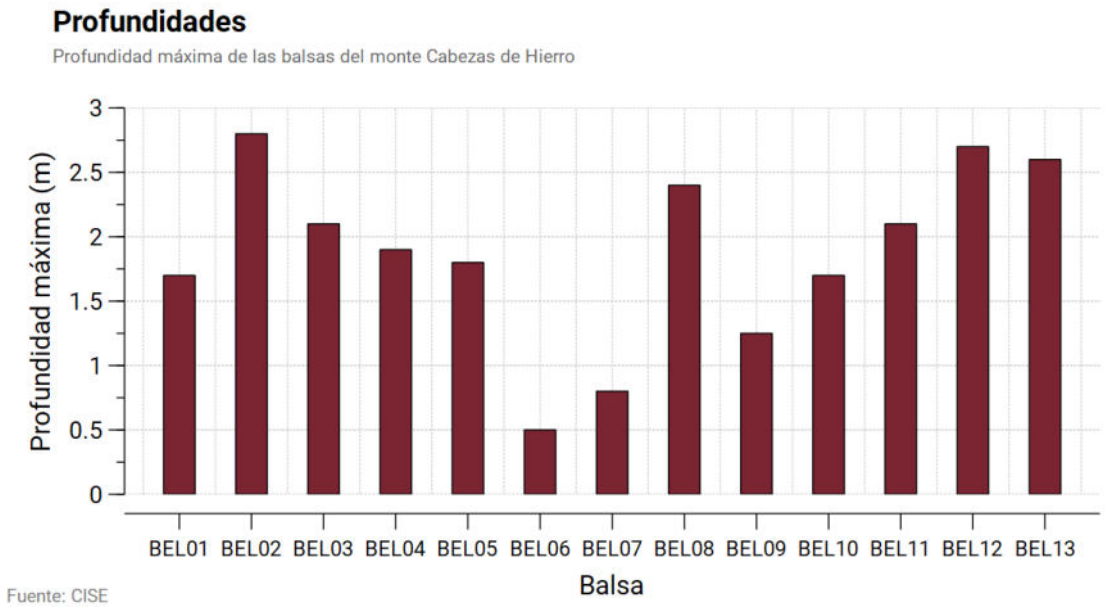


Figura 3. Profundidad máxima de las balsas del Monte Cabeza de Hierro.

2.3. Fisicoquímica

La Figura 4 muestra la temperatura del agua de las balsas en el momento del muestreo. Hay que tomar esta comparativa con precaución, ya que las temperaturas de 2004 corresponden casi siempre a una época del año anterior a las del 2022, y por ello las temperaturas observadas en 2004 son ligeramente más bajas (media 13.2°C) que las de 2022 (media 14.7°C). Por otro lado, corresponden a temperaturas tomadas a distintas horas del día por lo que incluso en el mismo año no son directamente comparables.

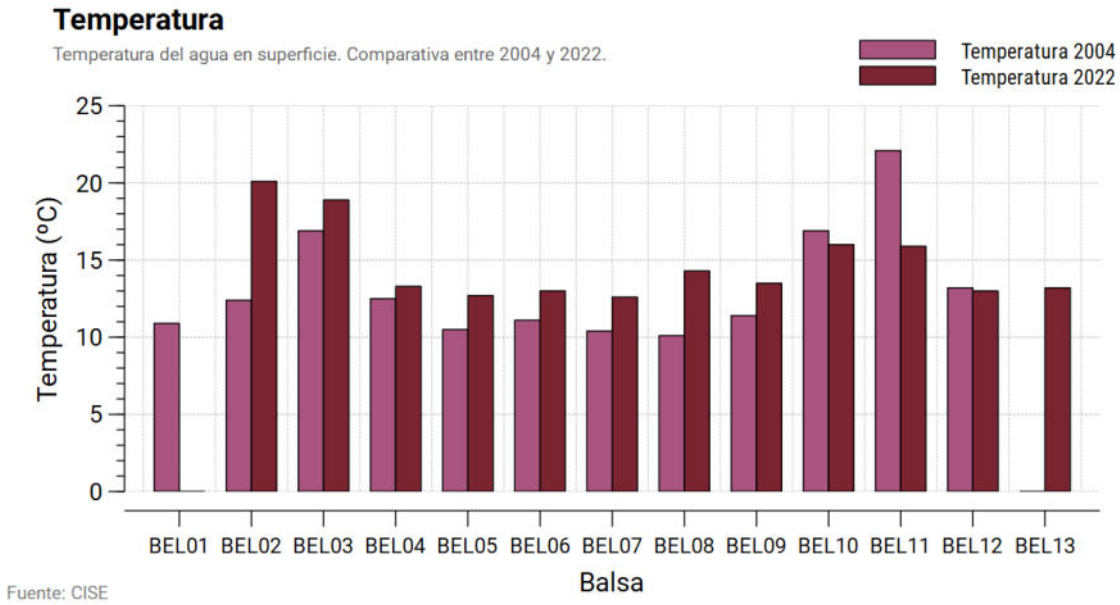


Figura 4. Temperatura del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022.

En cualquier caso, parece que la temperatura del agua está bastante relacionada con la exposición a la radiación solar. Así, balsas poco sombreadas por la vegetación y con láminas de agua relativamente extensas (p.e. BEL02, BEL03) tienen una temperatura bastante elevada incluso a primeras horas de la mañana (18.9-20.1°C). Por el contrario, dos balsas con mucha cobertura vegetal y situadas a la menor altitud de todas (BEL06 y BEL07) tienen una temperatura bastante baja (12.6-13.0°C).

La temperatura es fundamental para calcular la saturación de oxígeno disuelto en el agua de las balsas (Figura 5). Por encima del 100% indica que el agua está sobresaturada en oxígeno como consecuencia de la producción primaria oxigénica, mientras que cuando baja del 100% lo que indica son condiciones en las que la degradación de la materia orgánica domina sobre la producción primaria. Sin embargo, esta situación puede ser muy cambiante a lo largo del día, con valores sobresaturados durante el día y con fuertes descensos al ponerse el sol y primeras horas de la mañana, que es cuando se han muestreado la mayor parte de las balsas. Así, la media de saturación de oxígeno en 2022 ha sido del 77.5%, con déficit de oxígeno en casi todos los casos, frente al 88.4% de 2004 con una situación más variable. Nuevamente es complicado comparar valores observados a distintas horas del día, pero balsas soleadas (BEL02) tienen valores de oxígeno superiores a las balsas más umbrías (BEL06, BEL07) o que limitan en gran medida la entrada de radiación a la columna de agua por la presencia masiva de lenteja de agua creciendo en la superficie (*Lemna minor*, BEL04).

Los valores de saturación de oxígeno disuelto observados en las balsas se corresponden con sistemas acuáticos eutróficos, con un importante consumo nocturno de oxígeno. En las charcas naturales del parque nacional no se suele observar déficits tan acusados, salvo en aquellas charcas y lagunillas afectadas gravemente por la presencia de ganado.

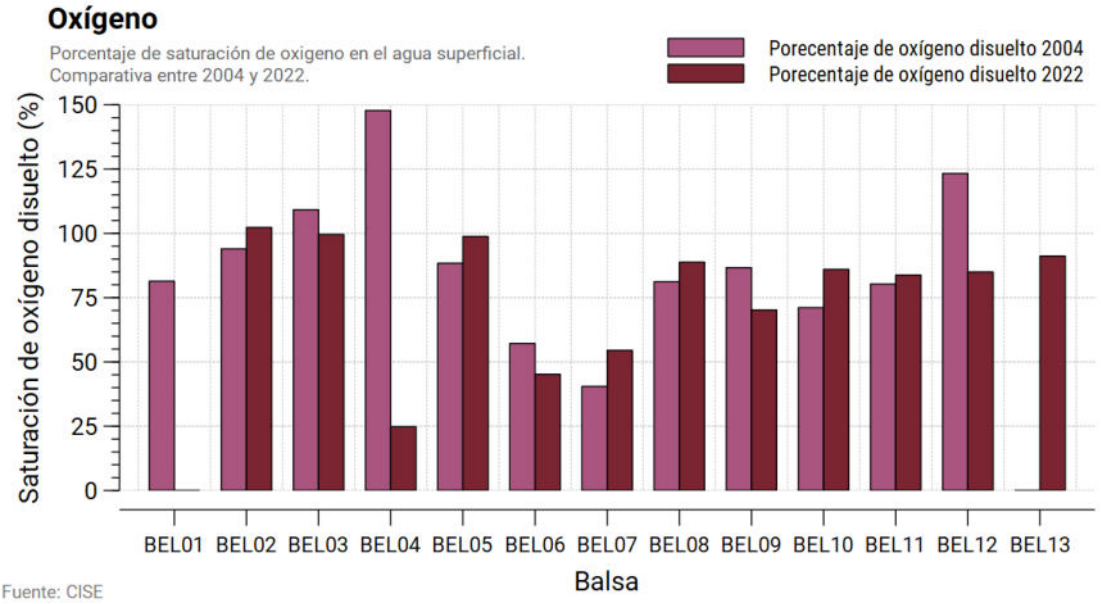


Figura 5. Porcentaje de saturación de oxígeno del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022

El pH de las balsas se muestra en la Figura 6. Se han obtenido valores ligeramente ácidos en casi todos los casos, con dos excepciones notables en el año 2004: BEL12, con un pH muy alcalino e inusual para los ecosistemas acuáticos de la Sierra de Guadarrama; y BEL04, con un pH muy ácido. En 2022 la media de pH ha sido 6.45, con un rango de variación relativamente bajo (6.02-6.96), mientras que en 2004 el rango de variación fue bastante más amplio incluso descontando los valores extremos comentados anteriormente (media 6.13, rango 5.43-7.27). Los valores de pH ligeramente ácidos, entre 6 y 7, son los habituales en los ecosistemas leníticos de la Sierra de Guadarrama al estar situados sobre sustrato ácido.

Se ha encontrado una correlación significativa ($p<0.05$) entre el pH y la saturación de oxígeno disuelto, de manera que los valores más elevados de pH se corresponden con los valores más elevados de saturación. Esta relación es la esperable como consecuencia de una mayor actividad fotosintética.

La conductividad es un indicador rápido de la concentración de iones o del grado de mineralización del agua. La conductividad de las balsas se muestra en la Figura 7. En todos los casos se trata de aguas poco mineralizadas, aunque ligeramente por encima de la conductividad habitual en los ecosistemas acuáticos naturales de la Sierra de Guadarrama. En 2022 se obtuvo una conductividad media de 49.0 µS/cm (rango 21.3-175.4 µS/cm), algo más elevada de la observada en 2004 (media 34.3, rango 18.0-78.8 µS/cm) en una época del año un poco anterior. Es normal que la conductividad aumente a lo largo del período estival al ir concentrándose los iones según disminuye el nivel del agua por evapotranspiración. Este efecto es muy apreciable en BEL06, la de mayor conductividad tanto en 2004 como 2022, al ser una balsa sin salida superficial y que ya se encontraba a la mitad de su profundidad máxima.

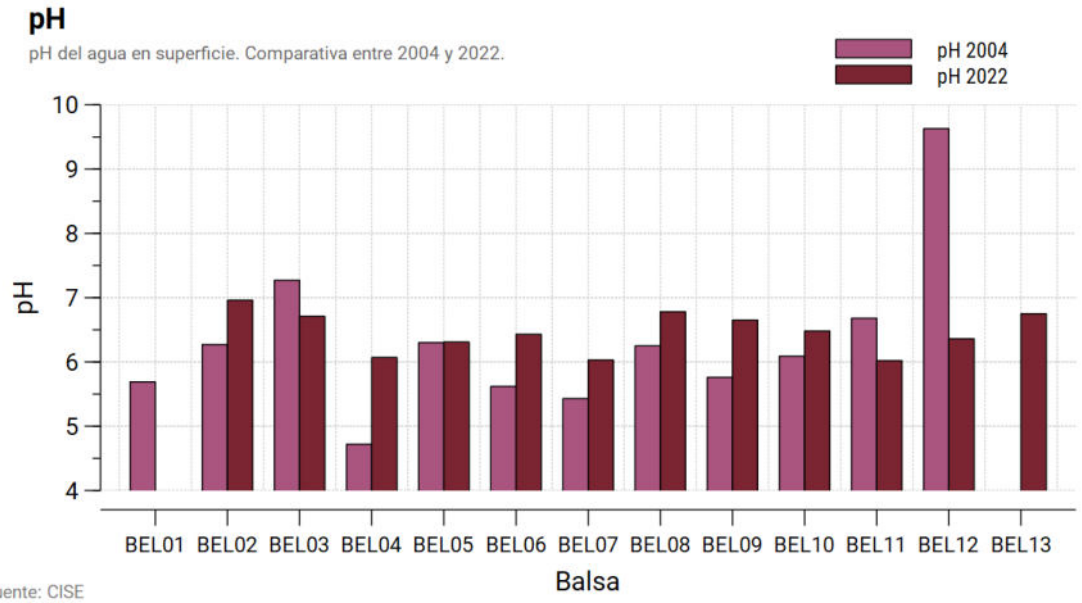


Figura 6. pH del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022

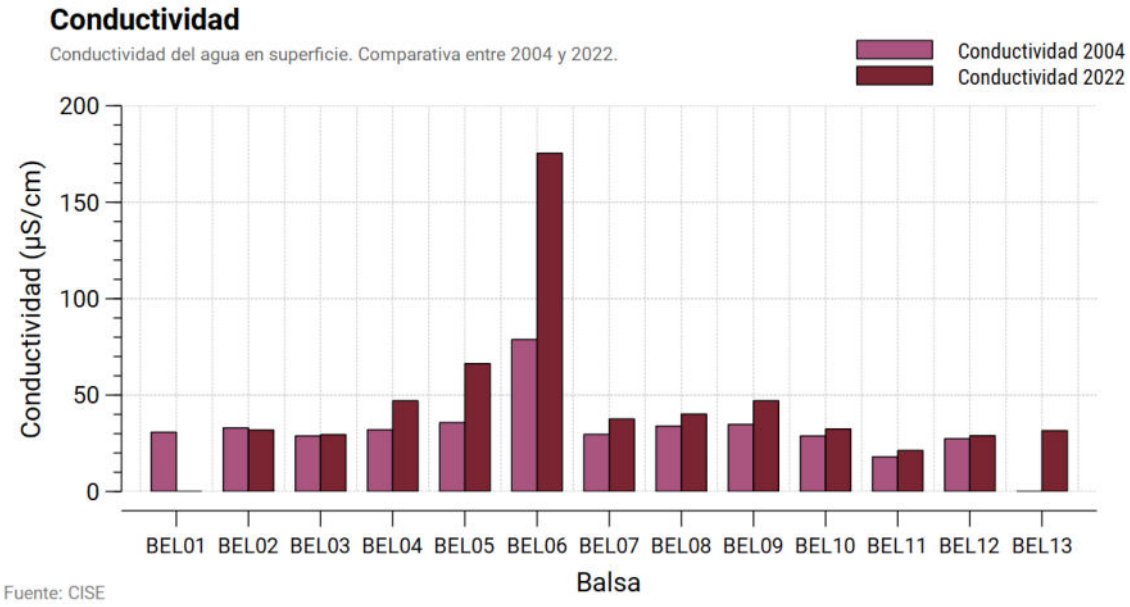


Figura 7. Conductividad del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022

La alcalinidad de las balsas se muestra en la Figura 8. En esta ocasión solo se dispone de datos del año 2022. La alcalinidad es una medida de la capacidad tampón del agua, es decir, de la resistencia a cambiar el pH frente a la entrada de sustancias ácidas. En casi todos los casos son alcalinidades bastante elevadas para ecosistemas acuáticos sobre sustratos ácidos (media 280, rango 127.5-565.5 µeq/l). BEL06 es la balsa con mayor alcalinidad, nuevamente por efecto de concentración de iones que se produce durante el proceso de pérdida de agua. De hecho, se ha encontrado una correlación muy significativa ($p<0.001$) entre la conductividad y la alcalinidad.

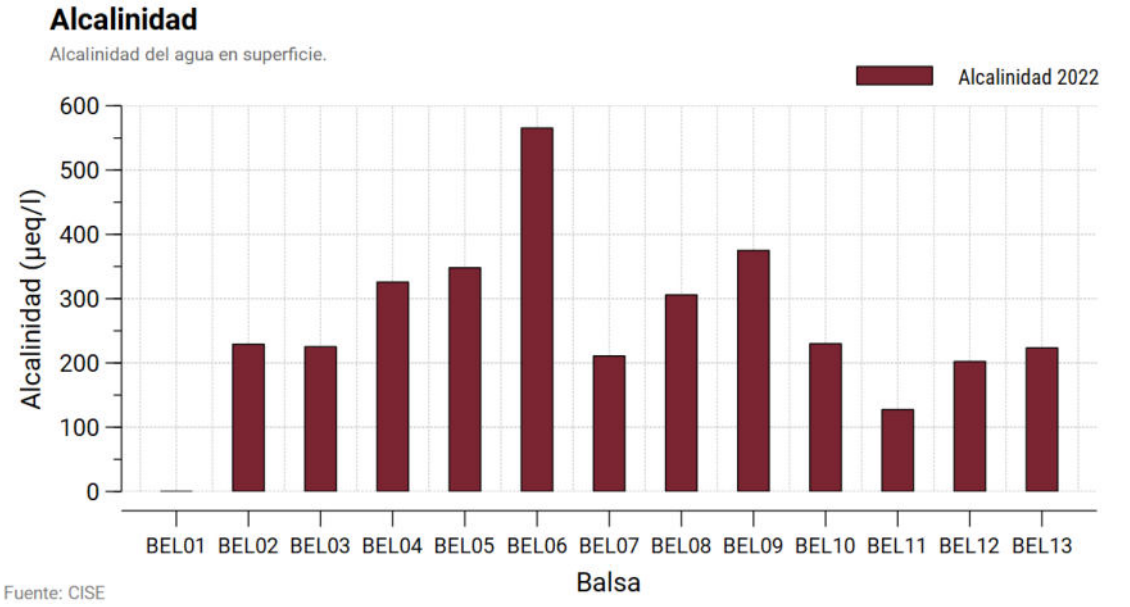


Figura 8. Alcalinidad del agua superficial de las balsas artificiales 2022. En 2004 no se analizó este parámetro.

También se determinó la concentración de calcio (Figura 9) y magnesio (Figura 10) en el agua de las balsas.

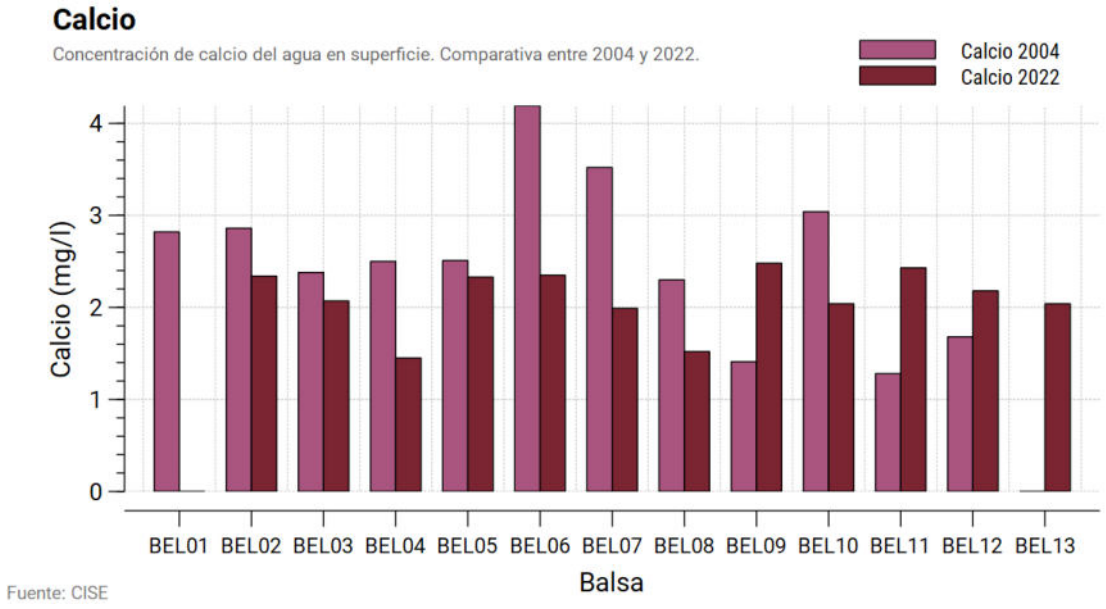


Figura 9. Concentración de calcio del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022

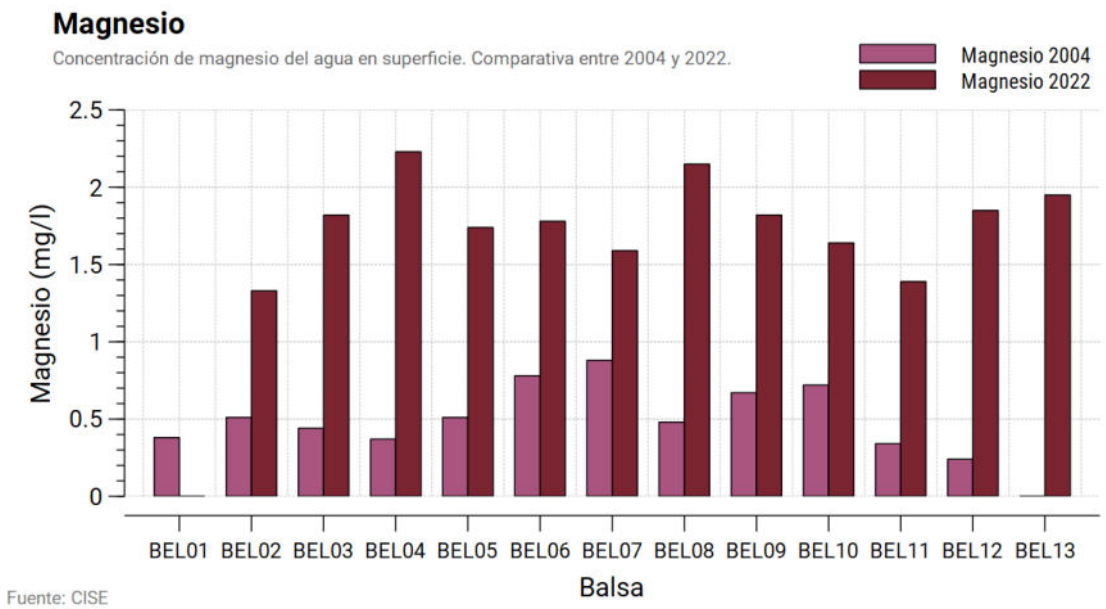


Figura 10. Concentración de magnesio del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022

Lo más relevante es el cambio observado en la importancia relativa de estos cationes entre 2004 y 2022. En la primera campaña realizada en todas las balsas el calcio era claramente el catión mayoritario, pero en 2022 el magnesio ha pasado a ser el catión mayoritario en dos de las balsas

(BEL04, BEL08) o prácticamente equivalente al calcio en otras tres (BEL03, BEL12, BEL13). La media de calcio en 2022 ha sido 2.10 mg/l (rango 1.45-2.48 mg/l), mientras que en 2004 fue 2.54 mg/l (rango 1.28-4.19 mg/l). La media de magnesio en 2022 ha sido 1.77 mg/l (rango 1.33-2.23 mg/l), mientras que en 2004 fue 0.53 mg/l (rango 0.24-0.88 mg/l). En cualquier caso, en 2022 hay una correlación inversa significativa ($p<0.01$) entre el calcio y magnesio, de manera que a mayor concentración del primero menor la del segundo.

No hay una razón clara para este enriquecimiento relativo en magnesio, aunque podría estar relacionado con la evolución natural de la interacción entre la columna de agua y el sedimento a lo largo de todos estos años.

El color del agua se debe a la presencia de materia orgánica natural, generalmente sustancias húmicas, o en determinados casos a la presencia de ciertos metales como el hierro, manganeso o cobre. El color aparente del agua (Figura 11) es en el que intervienen tanto sustancias disueltas como partículas en suspensión, mientras que en el color real (Figura 12) solo se tiene en cuenta las sustancias disueltas al filtrar el agua. Solo se dispone de valores de 2022 para estas dos variables.

Se trata en casi todos los casos de aguas muy coloreadas, con tonos pardos y rojizos claramente visibles a simple vista. Las dos balsas que presentan un color (aparente y real) más acusado (BEL06, BEL07) son las que no se encuentran represadas con un dique. En ellas se acumula una importante cantidad de restos vegetales y muy probablemente recojan y concentren ácidos húmicos del bosque circundante. En las balsas alimentadas por un caudal más o menos elevado procedente de un arroyo (p.e. BEL08, BEL12), el color es mucho menor, sobre todo el color real.

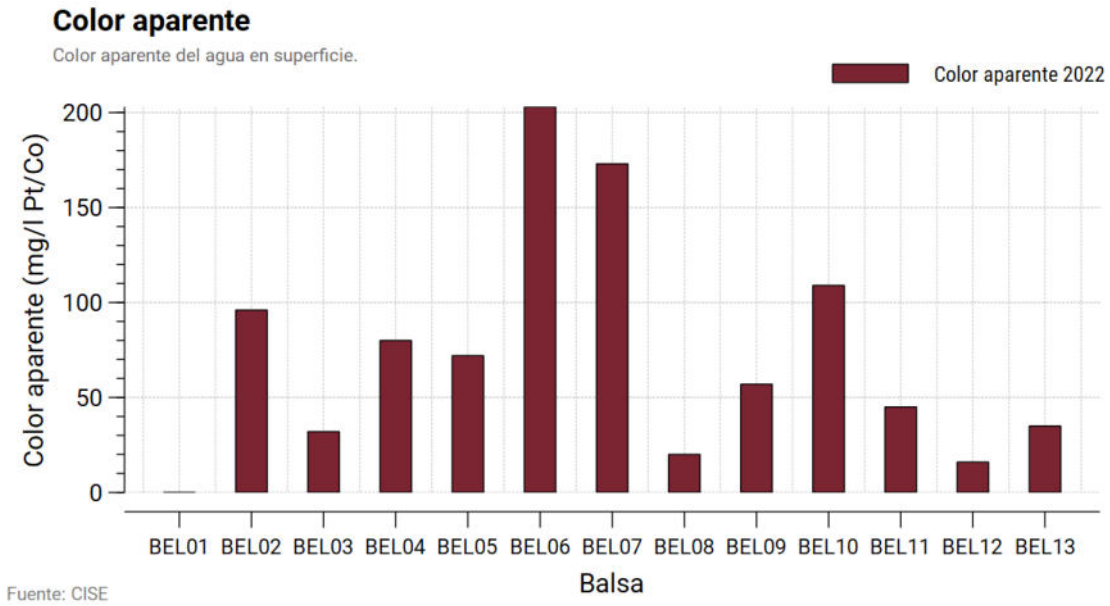


Figura 11. Color aparente del agua superficial de las balsas artificiales en 2022

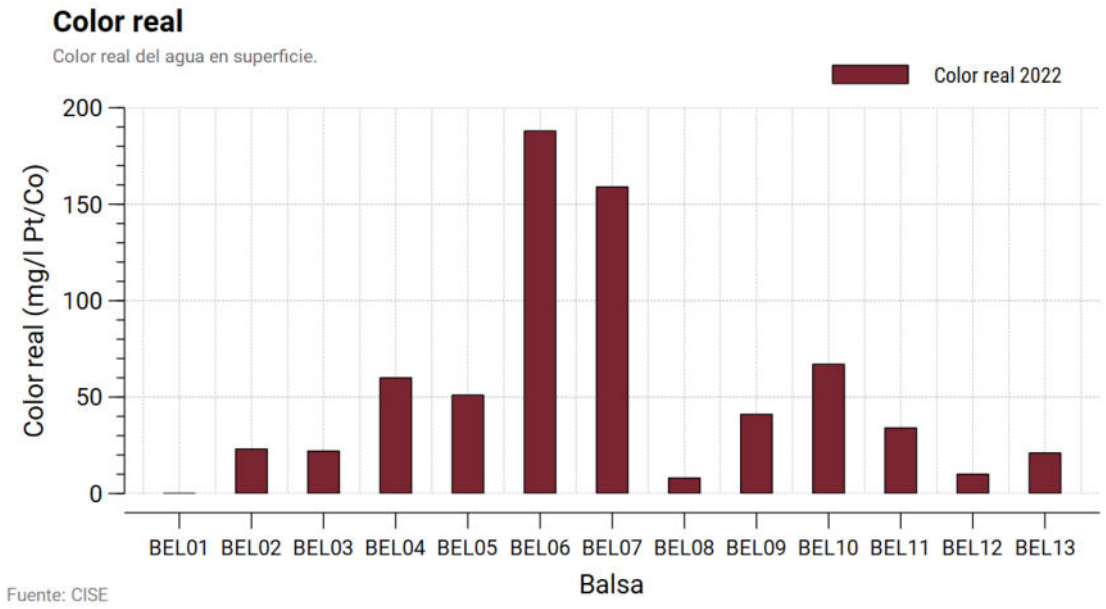


Figura 12. Color real o verdadero del agua superficial de las balsas artificiales en 2022

La balsa en la que más diferencia hay entre color aparente y real es BEL02, en la que gran parte del color se debe a partículas en suspensión. Como se verá más adelante, esta balsa es la única en la que apenas hay un desarrollo de la vegetación acuática y domina claramente la producción fitoplanctónica.

La Figura 13 muestra la concentración de fósforo total encontrada en las balsas. En general, la concentración observada en 2004 (media 149, rango 49-707 µg/l) es superior a la encontrada en 2022 (media 85, rango 24-360 µg/l). En todas las balsas examinadas en 2022 se encontraron valores altos, en el rango de la mesotrofia (BEL03, BEL11, BEL12, BEL13), la eutrofia o incluso la hipereutrofia (BEL04, BEL05) conforme a la clasificación de la OECD (1982). No hay una tendencia clara entre 2004 y 2022, ya que en 7 de 11 balsas la concentración de fósforo total se ha reducido, y en las otras 4 ha aumentado. No obstante, en 2004 no se encontró ninguna balsa con nivel mesotrófico.

Si exceptuamos BEL05 como caso anómalo, en el resto de las balsas se cumple una correlación inversa significativa ($p<0.01$) entre el oxígeno disuelto y la concentración de fósforo total, de manera que cuanto mayor es la carga de fósforo menor es la saturación de oxígeno disuelto en el agua. Esta relación está claramente relacionada con el consumo de oxígeno durante la degradación de materia orgánica.

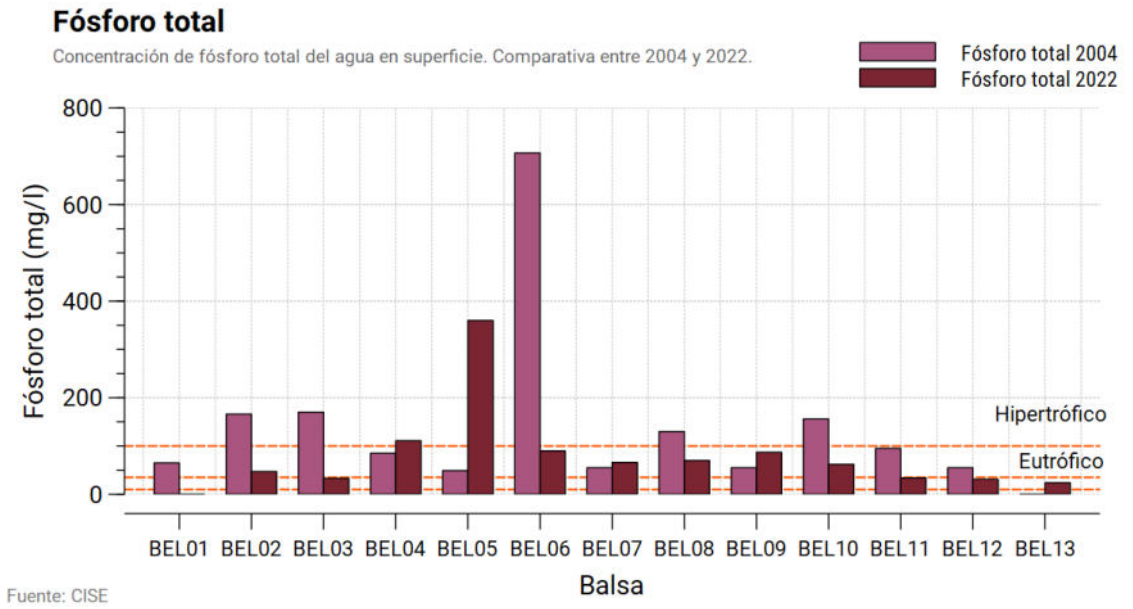


Figura 13. Fósforo total del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022. Umbrales entre los distintos niveles tróficos según la OECD (1982).

La concentración de clorofila a se muestra en la Figura 14. En este caso es más complicado determinar el nivel trófico, ya que la clasificación de la OECD se basa bien en la media anual o bien en el máximo anual de clorofila a. En este caso solo disponemos de un dato puntual de finales de primavera, que con seguridad es mayor que la media anual y muy probablemente menor del máximo anual. En cualquier caso, este parámetro indicaría un menor nivel trófico que el señalado por la concentración de fósforo total. Hay que tener en cuenta que muchas de estas balsas se caracterizan por tener una importante población de plantas acuáticas, de manera que la elevada producción primaria que caracteriza los sistemas acuáticos eutróficos se concentraría en los macrófitos dando lugar a aguas con una concentración de clorofila *a* (fitoplanctónica) relativamente baja para lo esperable con niveles tan altos de fósforo total.

Lo que sí es evidente es que los niveles de pigmentos disueltos en el agua han aumentado entre 2004 y 2022, aunque nuevamente hay que recordar que los datos de 2004 corresponden a una época del año casi siempre un poco anterior a la de 2022. La concentración de clorofila *a* media en 2022 fue 8.02 µg/l (rango 1.26-14.56 µg/l), frente a la media de 1.83 µg/l (rango 0.00-11.95 µg/l) en 2004. Merece la pena destacar el caso concreto de BEL13, con una concentración bastante baja de clorofila *a*, probablemente debido a la mayor tasa de renovación del agua al entrar un caudal considerable en comparación con otras balsas y sin presencia de macrófitos.

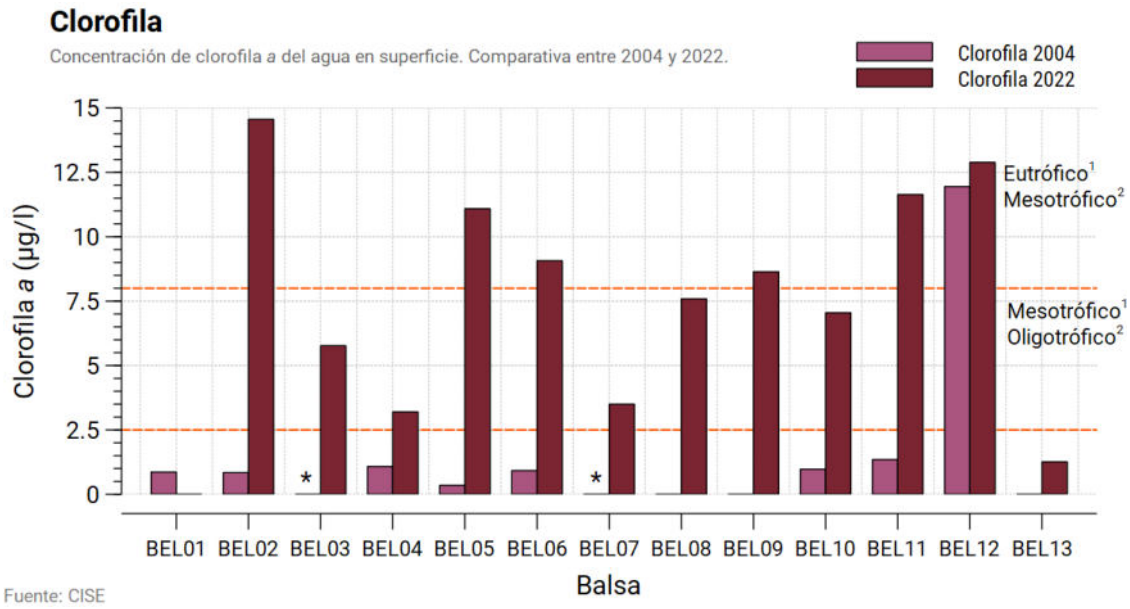


Figura 14. Concentración de clorofila *a* del agua superficial de las balsas artificiales en 2004 y 2022. Umbrales entre los distintos niveles tróficos según la OECD (1982): [1]Valores medios anuales, [2]Valores máximos anuales. *Sin datos.

2.4. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos observados en la campaña de 2022 se muestran en la Tabla 4. Se han identificado al menos 55 taxones, aunque se trata de datos provisionales ya que algunos taxones no han podido ser determinados todavía a nivel de especie y se presentan a nivel de familia o rango superior. Es el caso de los hidrácnidos, los dípteros y los oligoquetos.

En los bivalvos se ha encontrado una única especie, *Pisidium casertanum*, muy frecuente en los ecosistemas acuáticos leníticos de la Sierra de Guadarrama (Araujo, 2020). Entre los insectos, se han determinado al menos 9 especies de coleópteros, 3 efemerópteros, 7 heterópteros, 1 megalóptero, 9 odonatos y 6 tricópteros.

Los arácnidos (hidrácnidos) se han encontrado en 6 balsas, los bivalvos (*Pisidium casertanum)* en 8, y los oligoquetos en 3 balsas. Entre los insectos, hay tres órdenes que aparecen en todas las balsas: dípteros, heterópteros y odonatos. Los coleópteros aparecen en 11 balsas y los efemerópteros en 10. El resto de órdenes es mucho menos frecuente, apareciendo los megalópteros, plecópteros y tricópteros entre 2 y 5 balsas.

La especie más frecuente (10 balsas) es el efemeróptero *Cloeon dipterum*. Se trata de una especie cuyas larvas se alimentan de detritos vegetales y que es capaz de sobrevivir en condiciones anóxicas bajo una cubierta de hielo, por lo que estas balsas son un hábitat ideal para ella. A pesar de ser muy frecuente en estas balsas, está poco citado en la Comunidad de Madrid (Álvarez Cobelas y Sánchez Carrillo, 2020). Otras especies frecuentes son los coleópteros *Helophorus* sp. (8 balsas), *Hydroporus* sp. (5 balsas) o *Agabus bipustulatus* (5-6 balsas). Esta

última especie es el coleóptero acuático más abundantes de la Comunidad de Madrid (García-Avilés, 2020). Entre los odonatos, *Pyrrhosoma nymphula* aparece en 6 balsas y tanto *Coenagrion* sp. como *Aeshna cyanea* se encuentran en 4 balsas. Cuando se resuelvan las dudas taxonómicas sobre los heterópteros, es muy posible que alguna especie de los géneros *Sigara*, *Hesperocorixa* o *Notonecta* sean también una de las más frecuentes ya que aparecen en al menos 7 balsas.

Mención especial merece la presencia de los caobóridos en 3 balsas, una familia de dípteros que apenas se han citado en la Comunidad de Madrid y no se tiene constancia de ellos en ningún otro lugar en las 3 últimas décadas (Soriano et al., 2020). En la Sierra de Guadarrama sólo se han encontrado en estas balsas artificiales. Los caobóridos son predadores del zooplancton en la columna de agua, generalmente alimentándose de cladóceros.

La balsa con mayor riqueza taxonómica de macroinvertebrados acuáticos es BEL08, donde habitan al menos 23 taxones. Aparte de una diversa representación de coleópteros, heterópteros y dípteros (4 táxones cada uno), destaca sobre todo por la riqueza de tricópteros (4 táxones). La segunda balsa con mayor riqueza taxonómica es BEL13, con al menos 20 táxones. En este caso, también es importante la presencia de tricópteros y, al igual que en BEL08, solo faltan los megalópteros como representantes de los insectos. Es llamativo que ambas balsas sean las únicas sin apenas macrófitos acuáticos (apartado 2.6), ya que *a priori* sería esperable una diversidad mayor asociada a la presencia de este tipo de hábitat. En las charcas naturales de la Sierra de Guadarrama suele aumentar la riqueza de especies de macroinvertebrados en aquellas en las que también aparecen macrófitos.

En el resto de balsas se han encontrado entre 12 y 15 taxones, salvo en BEL02, BEL06 y BEL12 en las que la riqueza taxonómica desciende a tan sólo 8-9 taxones. En BEL02 la presencia de una especie piscícola limita en parte la presencia de taxones de coleópteros y heterópteros. En BEL06 la homogeneidad del sustrato y la escasa profundidad, junto con probablemente su carácter temporal, condiciona también esta menor riqueza.

Tabla 4. Listado de especies y abundancia relativa de macroinvertebrados acuáticos (individuos por muestra o unidad de esfuerzo) en las balsas del Monte Cabeza de Hierro en 2022. [1]X indica que la especie se ha visto en vuelo sobre la balsa, pero no se ha recogido durante el muestreo y por tanto no se contabilizan en el número de especies por balsa ni en el número de balsas en los que la especie está presente

	BEL02	BEL03	BEL04	BEL05	BEL06	BEL07	BEL08	BEL09	BEL10	BEL11	BEL12	BEL13	Número de balsas
ARACHNIDA													
Trombidiformes													
hidrácnidos													
Especie indet.		56			16		40	16	64			16	6
BIVALVIA													
Veneroida													
Sphaeriidae													
Pisidium casertanum				64		4	24	56	56	56	96	32	8

	BEL02	BEL03	BEL04	BEL05	BEL06	BEL07	BEL08	BEL09	BEL10	BEL11	BEL12	BEL13	Número de balsas
INSECTA													
Coleoptera													
Dytiscidae													
Acilius sulcatus						16	8						2
Agabus bipustulatus		1	1			1			5	1			5
Agabus sp.								1					1
Dytiscus marginalis									1				1
Hydroporus sp.		8	8				3	8		8			5
Helodidae													
Cyphon sp.				56									1
Helodes sp.												8	1
Helophoridae													
Helophorus sp.	88		16	80			16		8	64	16	8	8
Hydrophilidae													
Berosus sp.				96									1
Helochares punctatus										3			1
Helochares sp.				16									1
Diptera													
Ceratopogonidae													
Especie(s) indet.			8									8	2
Chaoboridae													
Especie(s) indet.		16								32		8	3
Chironomidae													
Especie(s) indet.	208	272	200	136	40	68	84	704	112	88	216	88	12
Culiciae													
Culex territans					12			96		24			3
Dixidae													
Dixa sp.							4						1
Psychodidae													
Especie(s) indet.							4						1
Ephemeroptera													
Baetidae													
Cloeon dipterum	24	144		112	44		64	504	184	56	48	48	10
Caenidae													
Caenis luctuosa	48	80										112	3
Leptophlebiidae													
Habrophlebia sp.												8	1
Heteroptera													
Corixidae													
Hesperocorixa sp.												5	1
Micronecta scholtzi	8		24						16		8		4
Micronecta sp.								16					1
Sigara nigrolineata							1				8		2
Sigara sp.								96					1
Sigara/Hesperocorixa sp.		8	16			12			32	96			5

	BEL02	BEL03	BEL04	BEL05	BEL06	BEL07	BEL08	BEL09	BEL10	BEL11	BEL12	BEL13	Número de balsas
Gerridae													
Gerris gibbifer	3						2			24		1	4
Gerris sp.						3							1
Hydrometridae													
hydrometra stagnorum					1	3				2			3
Naucoridae													
Ilyocoris cimicoides				1									1
Notonectidae													
Notonecta glauca	1	48							48				3
Notonecta sp.			40	3			1	16				1	5
Veliidae													
Velia sp.						2	1						2
Megaloptera													
Sialidae													
Sialis lutaria						20		16	8				3
Odonata													
Aeshnidae													
Aeshna cyanea						1		2	1	1			4
Aeshna mixta						8		9				2	3
Anax imperator	X[1]	X[1]										2	1
Especie indet.					2		8						2
Coenagrionidae													
Coenagrion sp.	X[1]	24	32	8					X[1]	X[1]	48		4
Enallagma cyathigerum		8											1
Erythromma lindenii	1										16		2
Ishnura elegans			16							X[1]			1
Pyrrhosoma nymphula		X[1]		16			8	8	4	288	8		6
Especie indet.	2												1
Libellulidae													
Libellula quadrimaculata		4					1			X[1]			2
Plecoptera													
Leuctridae													
leuctra sp.							88					88	2
Tricoptera													
Leptoceridae													
Athripsodes braueri										8			1
Limnephilidae													
Allogamus laureatus							1					1	2
Allogamus ligonifer												1	1
Halesus radiatus							1					18	2
Limnephilus guadarramicus					10	11	9						3
Sericostomatidae													
Sericostoma sp.							8						1
OLIGOCHAETA													
Especie indet.				8	28							2	3

Respecto a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos que se encontraron en 2004 hay que señalar la ausencia del hirudíneo *Helobdella stagnalis*, aunque una de las dos balsas donde se encontró es BEL01 y que no se ha muestreado en 2022 al haber sido recientemente restaurada. Tampoco se han vuelto a encontrar algunos taxones de coleópteros pertenecientes a los géneros *Colymbetes, Laccophilus, Scarodytes, Oulimnius, Haliplus, Hydrobius* e *Hygrobia*. No obstante, en 2004 estos taxones ya eran relativamente escasos (generalmente una única balsa), por lo que no puede descartarse que todavía se encuentren en alguna balsa y no se hayan conseguido recolectar en 2022. Tampoco se ha vuelto a localizar el efemeróptero *Thraulus bellus* ni los heterópteros *Corixa panzeri, Hydrometra stagnorum* y *Nepa cinérea*, también presentes en una única balsa en 2004. Otros heterópteros como *Ranatra linearis* (3 balsas en 2004) y *Plea minutissima* (7 balsas en 2004) no se han podido localizar en 2022. En el primer caso es una especie bastante conspicua y en el segundo su distribución era bastante amplia, con lo que seguramente sus poblaciones se han reducido considerablemente o han desaparecido de las balsas. Entre los odonatos, también aparecen 3 especies citadas en 2004 en una única balsa y que no han vuelto a localizarse: *Cordulegaster boltoni*, *Libellula depressa* y *Sympetrum meridionale* (?). Finalmente, los tricópteros *Mystacides azurea* y *Philopotamus montanus* (1-2 balsas en 2004) tampoco se han vuelto a localizar. Por el contrario, en 2004 los caobóridos solo ocupaban una de las charcas y actualmente ya se encuentran en 3 de ellas. Casi todas las especies encontradas en 2022 ya se habían localizado en 2004 también.

En definitiva, aparentemente la riqueza de especies de macroinvertebrados se ha reducido entre 2004 y 2022. Por un lado, la comunidad de macroinvertebrados se ha homogeneizado (menos especies en más charcas) y por otro, conforme los macrófitos se han vuelto mucho más abundantes a lo largo de estos años, se constata la tendencia de encontrar menos especies en las charcas en los que los macrófitos son más abundantes.

2.5. Zooplancton

Este apartado debe considerarse como un avance de resultados, ya que los copépodos y los ostrácodos están pendientes de determinar. La Tabla 5 presenta la distribución preliminar de estas especies del zooplancton[1] en las balsas. Con esta salvedad, hay que señalar que tanto cladóceros como copépodos se encuentran en todas las balsas, mientras que los rotíferos se han encontrado en 10 balsas y los ostrácodos en 7 de ellas.

Se han identificado 6 especies de cladóceros. El cladócero más frecuente con gran diferencia es *Chidorus sphaericus* (Figura 15), que solo falta en BEL11. Además, destaca también por su gran densidad en balsas como BEL07, BEL08, BEL09 y BEL13. El resto de especies de cladóceros

[1] Los ostrácodos pueden considerarse realmente como componentes del meiobentos, pero en humedales someros no hay una distinción nítida entre ambos compartimentos ecológicos.

aparecen entre 1 y 3 balsas cada una. Conviviendo con *C. sphaericus,* tanto *Ceriodapnia reticulata* en BEL07 como *Bosmina longirostris* (Figura 16) en BEL13 también tienen una elevada densidad. En este último caso también se acompaña de *Daphnia pulicaria* (Figura 17). Los copépodos presentan una densidad más elevada en BEL11 y BEL12, mientras que en BEL13 son bastante escasos. De los rotíferos la especie más abundante es *Keratella quadrata* (Figura 18), presente en 6 balsas y que en BEL09 y, sobre todo, BE08 alcanza densidades muy altas.

Tabla 5. Listado de especies y abundancia relativa del zooplancton (individuos por muestra o unidad de esfuerzo) en las balsas del Monte Cabeza de Hierro en 2022.

	BEL02	BEL03	BEL04	BEL05	BEL06	BEL07	BEL08	BEL09	BEL10	BEL11	BEL12	BEL13	Número de balsas
CLADOCERA													
Anomopoda													
Daphniidae													
Ceriodapnia quadrangula/pulchella	5												1
Ceriodapnia reticulata					13	587				85			3
Daphnia longispina	15	12			25								3
Daphnia pulicaria												30	1
Daphnia pulicaria/obtusa						40							1
Eurycercidae													
Chidorus sphaericus	5	70	158	15	114	1093	341	733	40		192	6	11
Bosminidae													
Bosmina longirostris	25											108	2
COPEPODA													
Especie(s) indet.	70	128	25	147	114	147	139	167	50	405	192	6	12
OSTRACODA													
Especie(s) indet.		105	108	29	127	107		50	120				7
ROTIFERA													
Ploimida													
Brachionidae													
Brachionus sp.	5												1
Keratella cochlearis	30												1
Keratella quadrata			33			40	9493	417	60			42	6
Euchlanidae													
Euchlanis sp.						13							1
Lecanidae													
Lecane lecane		23											1
Lecane sp.				15							32		2
Thichocercidae													
Thichocerca sp.											11		1

En la campaña de 2022 no se ha observado la presencia de *Alona* sp. (3 balsas en 2004), mientras que *Daphnia longispina* (3 balsas en 2022) no se encontró en 2004. Tres especies de rotíferos, *Adineta* sp., *Asplanchna* sp. y *Polyartha* sp., no se han vuelto a encontrar en 2022 pero otras especies actuales no estaban presentes en 2004.

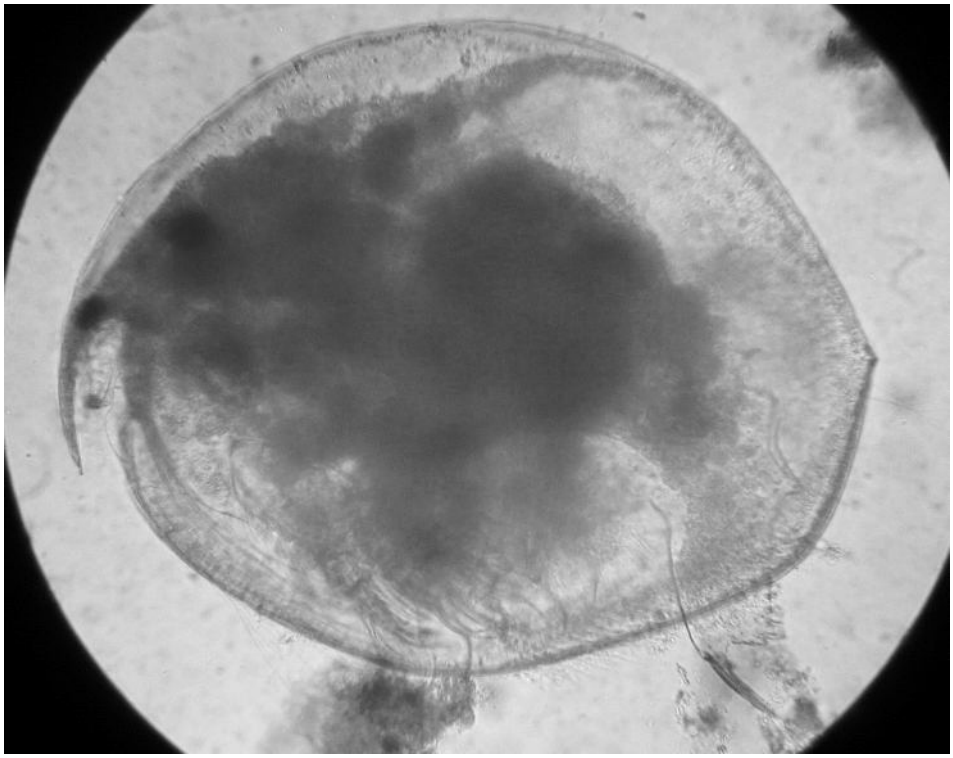


Figura 15. Cladócero *Chidorus sphaericus*, el más frecuente en las balsas del Monte Cabeza de Hierro.

Figura 16. Cladócero *Bosmina longirostris*, presente en BEL02 y bastante abundante en BEL13.

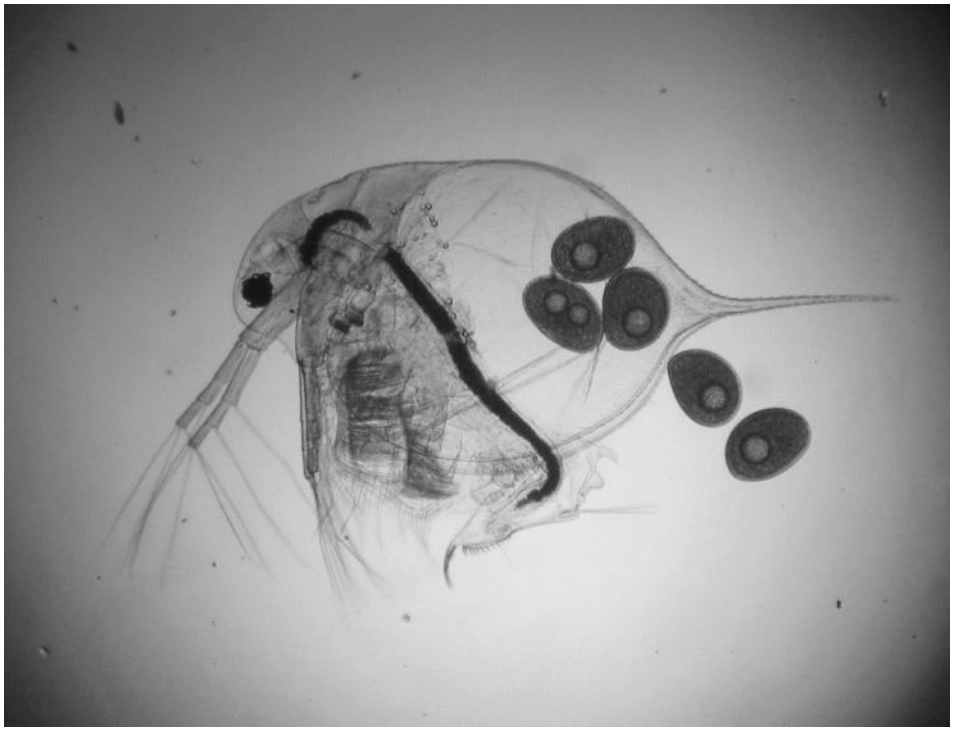


Figura 17. Cladócero *Daphnia pulicaria*.

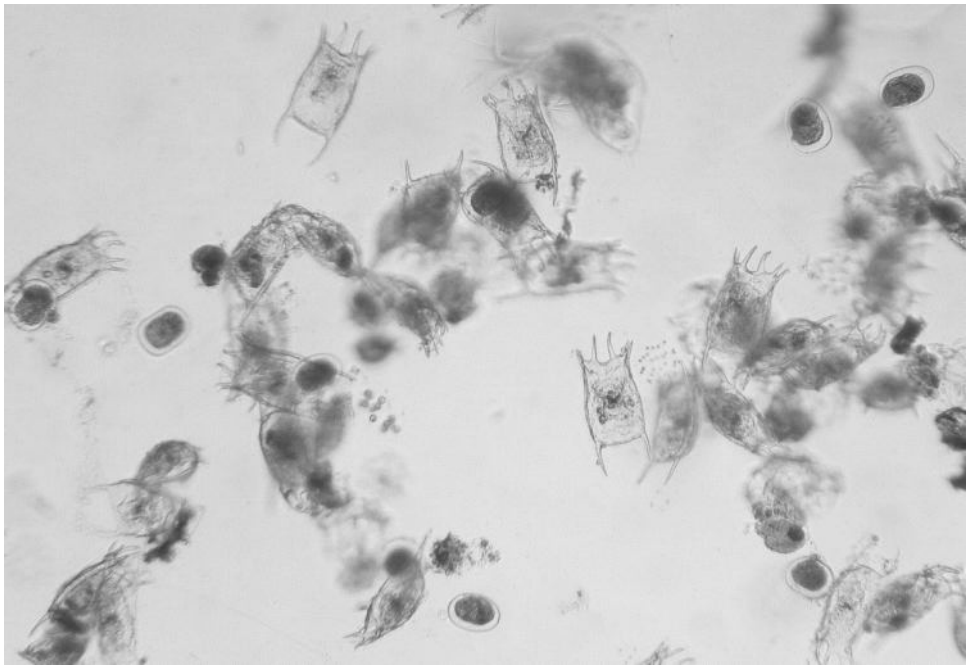


Figura 18. Rotífero *Keratella quadrata* muy frecuente el BEL08.

2.6. Vegetación

Las especies de flora acuática y las de las orillas de las balsas se presentan en la Tabla 6. Las plantas que habitan en la orilla e interior de las balsas son, en general, especies de distribución amplia y características de medios higrófilos. Se encuentran en ambientes similares en todo el ámbito de la Sierra de Guadarrama.

Entre las más singulares, destaca la presencia de *Potamogeton polygonifolius*, especie que habita en el hemisferio norte y es escasa en la Península Ibérica. En la Comunidad de Madrid está catalogada como "vulnerable" en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas. Otras especies de interés son *Myosotis stolonifera*, endemismo del cuadrante NW de la Península Ibérica, y *Rubus carpetanus*, endemismo de la Sierra de Guadarrama, que confieren algunas peculiaridades a estas zonas húmedas. También es interesante *Alopecurus aequalis*, una especie de distribución euroasiática que tiene su límite de distribución en el sistema central.

Se han encontrado 10 taxones de flora estrictamente acuática: *Alopecurus aequalis*, *Callitriche brutia, Fontinalis* sp., *Glyceria declinata, Lemna minor, Potamogeton polygonifolius, Ranunculus flammula, Ranunculus heredaceus, Ranunculus peltatus, Salix atrocinerea* y *Typha latifolia*. Además, el sauce (*Salix atrocinerea*) frecuentemente se encuentra emergiendo de las láminas de agua, aunque también aparece en sus orillas. El sauce se encuentra presente en todas las balsas, y del resto de especies acuáticas las más frecuentes son *Glyceria declinata* (8 balsas), *Callitriche brutia* (7 balsas) y *Lemna minor* (lenteja de agua, 6 balsas). Por el contrario, *Alopecurus aequalis*, *Potamogeton polygonifolius* y *Ranunculus heredaceus* solo se encuentran en una única balsa. *Potamogeton polygonifolius* es bastante abundante en la balsa BEL03, pero tanto *Alopecurus aequalis* (BEL04) como *Ranunculus heredaceus* (BEL05) son bastante escasos en sus respectivas balsas.

Las balsas con mayor riqueza de especies son BEL03 (7 especies), BEL05 (7 especies) y BEL10 (6 especies). En BEL13 no se localizaron macrófitos acuáticos y en BEL08 se contabilizó la presencia muy puntual de *Lemna minor.* Probablemente lo más interesante es la gran variedad observada en la especie dominante en cada charca. Así, *Potamogeton polygonifolius* supera el 50% de cobertura en BEL03, *Lemna minor* lo hace en BEL04 y BEL 12, *Callitriche brutia* en BEL11 y *Fontinalis* sp. y *Typha latifolia* en BEL05. Además, *Glyceria declinata* supera una cobertura del 25% en BEL06 y BEL07, donde es la única especie de macrófito acuático.

A pesar de la importante riqueza de especies encontrada, cabe mencionar que dos de los macrófitos más interesantes de las charcas naturales de la Sierra de Guadarrama, *Nitella flexilis* y *Utricularia minor*, no se han encontrado en las balsas, mientras que *Alopecurus aequalis,* una especie relativamente frecuente en las charcas naturales tiene una presencia extremadamente puntual en las balsas artificiales.

Tabla 6. Especies de flora presentes en las balsas. Los taxones en negrita son acuáticos y habitan en el interior de la lámina de agua, el resto habita en las orillas de las charcas (El caso de *Salix atrocinerea* comparte en muchos casos orilla e interior de las charcas). El número representa un Índice de abundancia: 0.1 Uno o dos individuos solamente. Cobertura despreciable; 1 Escaso, cobertura menor del 5%; 2 Cobertura entre 5-25%; 3 Cobertura entre 25-50%; 4 Cobertura entre 50-75%; 5 Cobertura superior al 75%.

	BEL02	BEL03	BEL04	BEL05	BEL06	BEL07	BEL08	BEL09	BEL10	BEL11	BEL12	BEL13	Número de balsas
Alopecurus aequalis			1										1
Callitriche brutia	1	2	2	2				3	2	4			7
Cardamine pratensis	1			0.1	1		1						4
Carex echinata	2	2		2		0.1	2	0.1	2				7
Carex leporina				0.1	0.1	1	1		1	1	1	1	8
Carex nigra		1											1
Epilobium obscurum		1		2	1	0.1		2	1	1	1		8
Erica arborea		1					1		1				3
Fontinalis sp.	1	1		4					2				4
Frangula alnus					0.1	1							2
Galium palustre	1	2		2	2		1	1	1	1	1		9
Glyceria declinata		1	1	2	3	3		1	1		1		8
Hypericum undulatum									1				1
Juncus acutiflorus	2	2				0.1							3
Juncus conglomeratus	2								1				2
Juncus effusus		3		3	0.1	1	2	1	2	2	2	1	10
Lemna minor			5	3			0.1		2	0.1	5		6
Lotus pedunculatus	1	2		1	1	1	1	0.1	1		1	1	10
Lysimachia vulgaris						0.1							1
Lythrum portula	1	1	1										3
Mentha arvensis	1		1	0.1				0.1	1			1	6
Myosotis stolonifera	2	1	0.1	2					1		1		6
Populus tremula									0.1				1
Potamogeton polygonifolius		4											1
Potentilla erecta					0.1	0.1							2
Ranunculus flammula		1		2					1				3
Ranunculus heredaceus				1									1
Ranunculus peltatus	1	2	3										3
Ranunculus repens	2	1		2	0.1		1	1	1		1		8
Rosa canina	2	1				1				1		1	5
Rubus carpetanus	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	3	4	12
Salix atrocinerea	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	12
Typha latifolia		1		4					3				3
Veronica scutellata								0.1					1

En cuanto a la vegetación de la orilla, se han localizado 22 especies además del ya mencionado sauce (Tabla 6). *Rubus carpetanus*, al igual que el sauce, también aparece en todas las balsas. *Juncus effusus* y *Lotus pedunculatus* aparecen en 10 de las balsas, *Galium palustre* en 9 y *Carex leporina*, *Epilobium obscurum* y *Ranunculus repens* en 8 balsas. Las especies menos frecuentes son *Carex nigra*, *Hypericum undulatum*, *Lysimachia vulgaris*, *Populus tremula* y *Veronica scutellata*, que aparecen en la orilla de una única balsa cada uno.

La balsa con una mayor riqueza de especies de orilla es BEL10 (15 especies), seguida de BEL03 (14 especies) y BEL02 (13 especies). La de menor riqueza de especies de orilla es BEL04, con solo 5 especies. Tomando todos los táxones en conjunto, las balsas con mayor riqueza vegetal son BEL03 y BEL10, con 21 de las 22 especies identificadas, seguidas de BEL05 con 19 especies.

Al contrario que con los macroinvertebrados acuáticos, las balsas han aumentado su riqueza específica incorporando *Alopecurus aequalis*, *Fontinalis* sp. y *Potamogeton polygonifolius* como táxones acuáticos y multitud de especies de orilla como *Epilobium obscurum, Hypericum undulatum, Juncus acutiflorus, Juncus effusus, Lotus pedunculatus, Lysimachia vulgaris, Lythrum portula, Mentha arvensis, Potentilla erecta, Ranunculus repens* y *Rosa canina.*

2.7. Vertebrados

En primer lugar, hay que señalar que la campaña realizada en 2022 no se orientó a la obtención específica de datos de vertebrados ligados a estas balsas de agua. Por ejemplo, no se realizó pesca eléctrica para confirmar la presencia de peces ni se realizaron muestreos nocturnos para conocer la comunidad de anfibios con mayor precisión. Aun así, se pueden enumerar algunas especies observadas durante estos muestreos de campo aunque probablemente la lista de especies estará incompleta.

En BEL02 se conoce la presencia del carpín, introducido por la guardería del monte poco después de la construcción de la balsa, y fácilmente visibles desde la orilla de la balsa. Durante la campaña de 2022 en BEL11 se encontró una trucha muerta, casi con seguridad introducida por algún pescador desde algún arroyo cercano. No se observó ninguna trucha viva, pero no es descartable que haya alguna más. No obstante, difícilmente podrá prosperar a medio plazo una población de trucha en este ecosistema acuático lenítico tan restringido.

La especie de anfibio más frecuente es la rana común, *Pelophylax perezi*, presente en casi todas las balsas. En BEL06 y BEL07 no se han visto, pero no se descarta su presencia. Es muy escasa en BEL04 y BEL08, pero muy abundante en BEL09, BEL10 y BEL11. En BEL11 además de *Pelophylax perezi* se ha observado *Bufo spinosus* e *Hyla molleri* (bastante abundante). Por último, el tritón jaspeado, *Triturus marmoratus*, se ha observado en BEL03 y es bastante abundante en BEL10.

2.8. Estado ecológico

Como se ha venido apuntando, aunque hay algunas balsas relativamente semejantes, en conjunto presentan una heterogeneidad ambiental bastante notable. Se pueden destacar algunos valores ecológicos individuales de algunas de ellas:

- BEL02 (Fuente Hortigosa) destaca por la diversidad de especies zooplanctónicas.
- BEL03 (Los Condenados) destaca por su elevada diversidad vegetal (especies de orilla y acuáticas), siendo además la única en la que aparece *Potamogeton polygonifolius* (catalogada como vulnerable). También cuenta con la presencia del raro grupo de los dípteros caobóridos y la presencia de tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*).
- BEL04 (Collado de Los Alonsos) destaca por la presencia puntual del macrófito acuático *Alopecurus aequalis*.
- BEL05 (La Gamonosa) destaca por su elevada diversidad vegetal (especies de orilla y acuáticas), con niveles medios-altos de riqueza específica de macroinvertebrados y zooplancton.
- BEL06 (El Brezal I) no destaca especialmente por ninguna característica ecológica, aunque tiene el valor añadido de que probablemente sea una charca de origen natural.
- BEL07 (El Brezal II) tiene algo más de diversidad de invertebrados bentónicos y planctónicos que BEL06, pero también tiene el valor añadido de que probablemente sea una charca de origen natural.
- BEL08 (El Sestil I) destaca por ser la balsa con mayor riqueza de especies de macroinvertebrados acuáticos, y por una enorme densidad del rotífero *Keratella quadrata*.
- BEL09 (El Sestil II) no destaca especialmente por ningún aspecto concreto, pero en conjunto presenta valores medios-altos de riqueza de los distintos grupos de flora y fauna.
- BEL10 (Sillada de Garcisancho) destaca por ser la balsa situada a mayor altitud y por su elevada diversidad vegetal (especies de orilla y acuáticas). Cuenta con la presencia de tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*).
- BEL11 (Peñamala) destaca por la abundancia del macrófito *Callitriche brutia* y por estar en el rango medio-alto de riqueza taxonómica de macroinvertebrados, incluyendo el raro grupo de los dípteros caobóridos. En la fauna vertebrada se puede destacar la abundante presencia de ranita de San Antonio (*Hyla molleri*).
- BEL12 (Raso del Baile) destaca por su cobertura del 100% de lenteja de agua (*Lemna minor*), aunque en conjunto la riqueza de especies vegetales y animales es relativamente baja.

Más allá de los valores ecológicos de cada balsa individualmente, la aparición en un territorio de pequeños ecosistemas acuáticos que funcionen en red es vital en la provisión de un nuevo espacio climático como medida de adaptación al cambio climático global, al permitir los

movimientos observados hacia el norte y/o hacia arriba de las especies (Céréghino et al., 2014). Por ello es más importante aún el que estas balsas se localicen en un rango altitudinal amplio. No se conoce la conectividad ecológica entre las distintas balsas del Monte Cabeza de Hierro, pero las distancias que hay entre ellas sugieren que la dispersión de anfibios, insectos voladores y semillas es perfectamente viable y frecuente. Numerosos estudios apuntan que la diversidad de especies es más alta cuando son muchos ecosistemas acuáticos pequeños que cuando es uno sólo de la misma extensión superficial (Fahrig, 2020).

Entre la construcción de las balsas en los años 80 y la primera campaña de muestreo (2004) pasaron aproximadamente los mismos años que desde esa campaña a la segunda, realizada en 2022. En la primera campaña las balsas eran mucho más homogéneas en cuanto a diversidad florística y faunística, además de presentar unas orillas bastante despejadas de vegetación. No conocemos las actuaciones de mantenimiento que se realizaron en aquella época, pero es más que posible que periódicamente se realizasen actuaciones de desbroce de los alrededores y, quizás, de limpieza de las balsas. Por el contrario, entre 2004 y 2022 el desarrollo de la vegetación de orilla ha sido muy notable (por ejemplo Foto 7 y Foto 10 en BEL02, Foto 30 y Foto 33 en BEL08, Foto 38 y Foto 41 en BEL10), por lo que parece evidente que apenas se han realizado actuaciones en el entorno de estas charcas. Es más, las pistas de acceso con vehículo a estas balsas, que en 2004 eran perfectamente accesibles, en la actualidad se encuentran relativamente perdidas. Esto dificulta en parte el objetivo principal para el que fueron construidas, como posible punto de carga de agua frente a incendios forestales, pero por otro lado hace que estas balsas sean relativamente poco conocidas por visitantes facilitando su función de conservación.

Todas las balsas son utilizadas como abrevadero por el ganado, aunque solo dos de ellas (BEL04 y BEL06) muestran un pisoteo importante de las orillas, además de acumulación de boñigas dispersas en la orilla y la propia cubeta de la balsa. Este problema parece ser mayor en balsas con orillas más tendidas y menor profundidad, donde el ganado puede meterse dentro de la cubeta de la balsa.

3. Recomendaciones de gestión

Las actuaciones sobre las balsas deberían orientarse a compatibilizar los valores ecológicos de estas balsas con su función inicial de defensa contra incendios, preservando en cualquier caso los valores ecológicos más singulares.

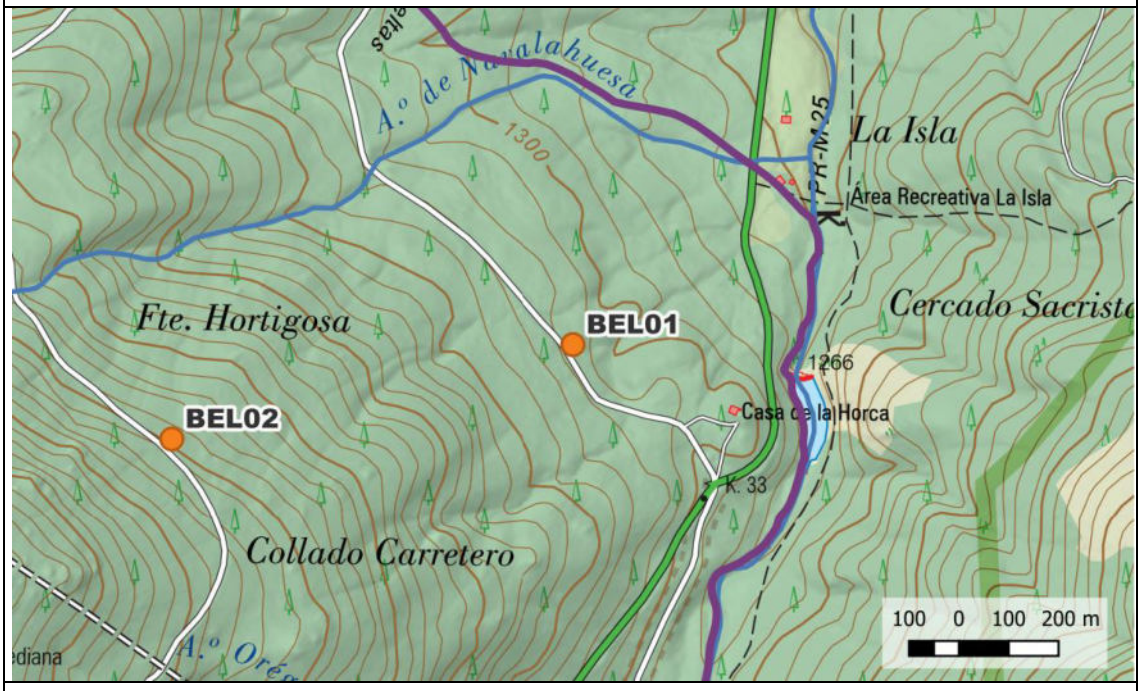
- Excluir BEL03 de los puntos de toma de agua para incendios, por la presencia de un especie escasa y catalogada como vulnerable (*Potamogeton polygonifolius*) y una familia de dípteros (Chaoboridae), que apenas se han citado en la Comunidad de Madrid. Intervenir lo menos posible en las orillas de la balsa y por supuesto en la propia cubeta para evitar afecciones a la población de *Potamogeton polygonifolius.* Evaluar anualmente si se requiere alguna actuación concreta para favorecer la conservación de esta especie en la balsa. BEL02, a algo más de 500 m, puede actuar como punto alternativo de carga para camiones y helicópteros.
- Evitar la desecación de BEL11 y BEL13 por la presencia en ellas (junto con BEL03) de caobóridos, una familia de dípteros que apenas se han citado en la Comunidad de Madrid y no se tiene constancia de ellos en ningún otro lugar en las 3 últimas décadas. En principio, el uso de estas balsas como punto de agua no tendría que ser devastador para este grupo, sobre todo si no se toma agua simultáneamente de las tres balsas donde habita.
- En general, evitar actuar en el interior de las cubetas con vistas a eliminar la vegetación acuática, salvo zonas muy concretas y justificadas del litoral para facilitar la toma de agua.
- Limitar las zonas de poda y mantenimiento de las orillas a la zona estrictamente necesaria para las operaciones terrestres de carga de agua.
- En relación con las pistas de acceso, se pueden realizar las actuaciones necesarias para acceder con vehículo en caso de emergencia, pero evitando en la medida de lo posible que estas actuaciones sean visibles fácilmente para los transeúntes de las pistas principales y se produzca un incremento del número de visitantes.
- En el momento actual no se considera necesario la protección mediante vallado o similar de ninguna de las balsas, pero se recomienda un seguimiento periódico de las mismas para establecer su evolución ecológica y detectar de modo temprano posibles problemas.
- Realizar un estudio específico de la riqueza y diversidad de anfibios en todas las balsas, para complementar la información disponible.
- Valorar la posibilidad de erradicar los peces introducidos en BEL02
- Evaluar en futuros estudios el uso y la importancia de estas balsas por la fauna terrestre, por ejemplo mediante técnicas de fototrampeo.

4. Fichas de las balsas artificiales

4.1. BEL01

Código:	**BEL01**		
Nombre(s):	Casa de la Horca	**Cuartel/Rodal:**	B / 1, 1-b
Altitud:	1311.6 m s.n.m.	**Coordenadas:**	424929.96, 4522479.22 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 1. Vista de la balsa BEL01 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la ladera E de Cabeza Media a poca altitud (1312 m s.n.m.), muy cerca de la pista forestal. En 2020 el dique colapsó por erosión (Foto 5) y se ha reconstruido en mayo de 2022. Se ha optado por no muestrearla en la campaña de 2022 al llevar tan solo unas pocas semanas llena. Presentaba un agua intensamente coloreada y, a pesar de su juventud, algunos individuos dispersos del macrófito *Glyceria declinata*.

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 2. Canal de salida de BEL01 en junio de 2022.

Foto 3. Detalle del agua coloreada de BEL01 y algunos macrófitos en junio de 2022.

Foto 4. Vista panorámica de BEL01 desde el dique en junio de 2022.

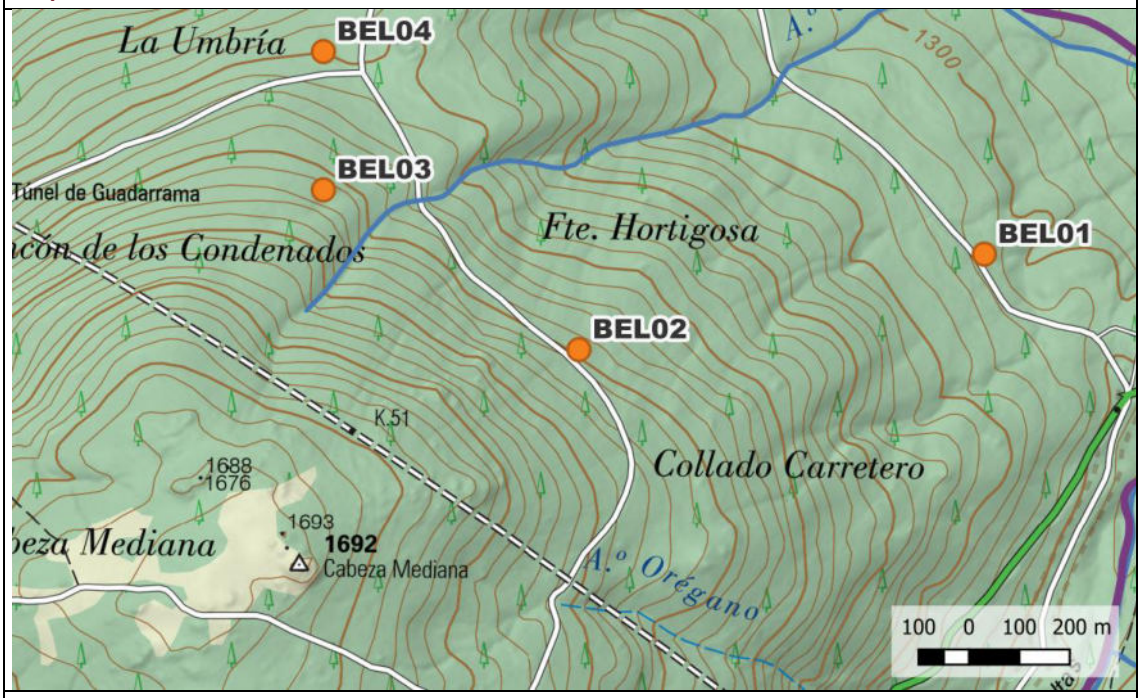
Foto 5. Vista del dique de BEL01 en mayo 2004, donde se observa el proceso de erosivo que culminó con su rotura.

Foto 6. Vista de BEL01 en mayo de 2004, con muy poca vegetación en sus orillas.

4.2. BEL02

Código:	**BEL02**		
Nombre(s):	Fuente Hortigosa, Ortigosa	**Cuartel/Rodal:**	B / 6-b
Altitud:	1493.1 m s.n.m.	**Coordenadas:**	424125.51, 4522290.19 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 7. Vista de la balsa BEL02 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la ladera E de Cabeza Mediana, muy cerca de la pista forestal aunque actualmente la vegetación prácticamente impide su visión desde la pista. Es la más profunda de todas (2.8m) y presenta la máxima concentración de clorofila *a* (14.56 µg/l). Es una balsa eutrófica en la que predomina la producción fitoplanctónica, con saturación de oxígeno y pH relativamente elevados. Tiene una baja abundancia de macrófitos acuáticos y es la única en la que se ha confirmado la presencia de peces (carpines). Al disponer de poca sombra presenta una temperatura más elevada que el resto. Color aparente relativamente elevado, pero en gran medida debido al material particulado en suspensión (color real bajo). Tiene una baja riqueza taxonómica de macroinvertebrados acuáticos (9 especies), y por el contrario es una de las de mayor riqueza de especies de vegetales de orilla (13 especies). Tiene el mayor número de especies de cladóceros (4 especies).

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 8. Canal de salida de BEL02 en junio de 2022.

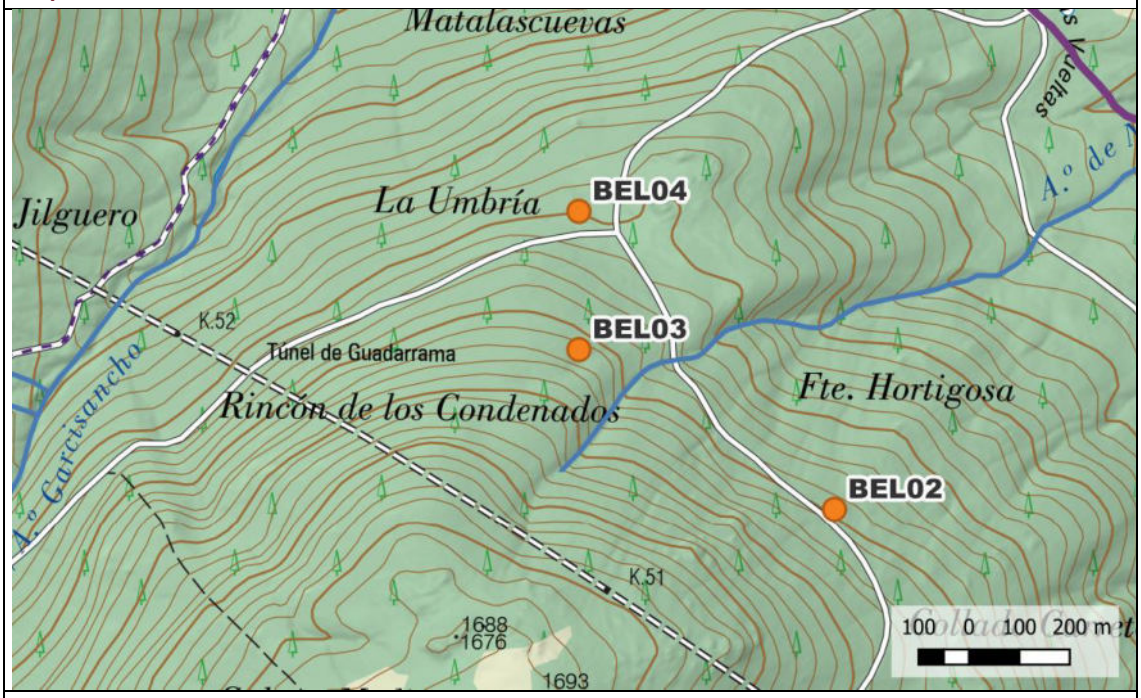
Foto 9. Vista panorámica de BEL02 desde el dique en junio de 2022.

Foto 10. Vista panorámica de la balsa BEL02 en mayo de 2004, sin apenas vegetación litoral.

4.3. BEL03

Código:	**BEL03**		
Nombre(s):	Los Condenados, Cabeza Mediana	**Cuartel/Rodal:**	B / 11
Altitud:	1507.9 m s.n.m.	**Coordenadas:**	423617.84, 4522607.14 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 11. Vista de la balsa BEL03 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la ladera E de Cabeza Mediana, cerca de la pista forestal pero sin visión directa desde ésta. Es relativamente grande, la tercera de todas en tamaño. Está en el límite bajo de la eutrofia, con aguas relativamente poco coloreadas y una concentración de clorofila no demasiado elevada. Los macrófitos sumergidos tienen una importante acumulación de algas epifíticas (Foto 12). Al disponer de poca sombra presenta una temperatura más elevada que el resto. Destaca por su riqueza específica de macrófitos acuáticos (7 especies), siendo además la única en la que aparece *Potamogeton polygonifolius* (catalogada como vulnerable). También tiene bastantes especies de flora en la orilla (14 especies), por lo que desde el punto de vista vegetal tiene el máximo de especies observado en una balsa (junto con BEL10). Está en el rango medio de riqueza taxonómica de macroinvertebrados, pero destaca la presencia de caobóridos. En la fauna vertebrada se puede destacar la presencia de *Triturus marmoratus.*

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 12. Vista de BEL03, con la pradera de *Potamogeton* y perifiton sobre otros macrófitos sumergidos en junio de 2022.

Foto 13. Canal de salida de BEL03 en junio de 2022.

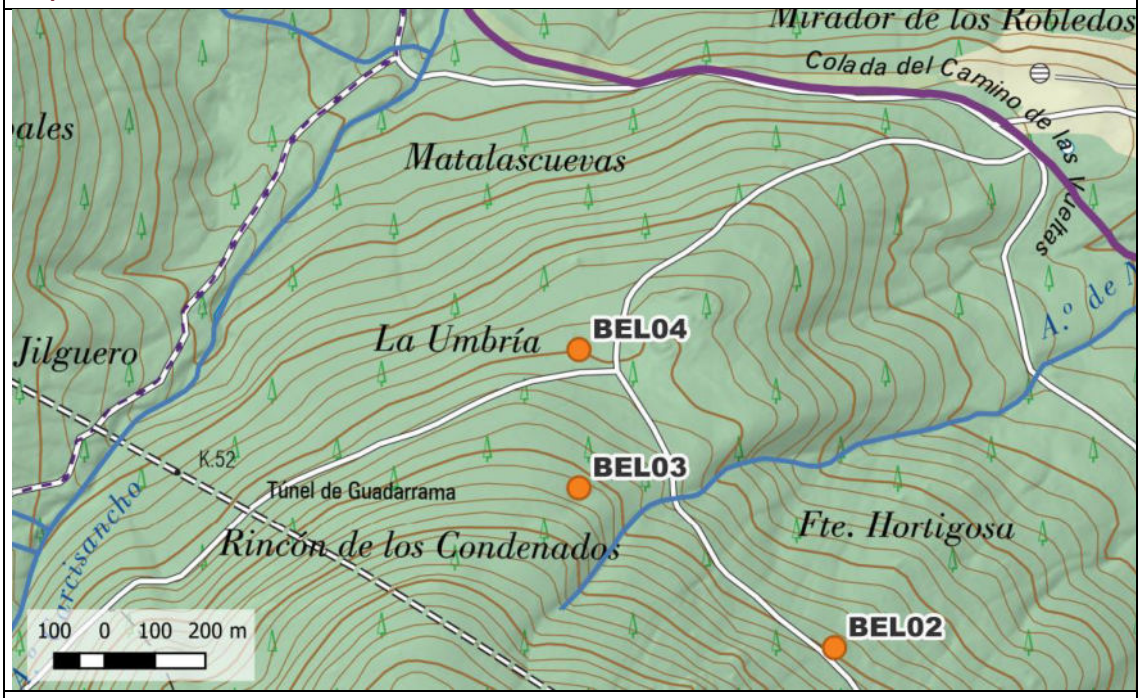
Foto 14. Vista panorámica de BEL03 en junio de 2022.

Foto 15. Vista de BEL03 en mayo de 2004.

4.4. BEL04

Código:	**BEL04**		
Nombre(s):	Collado de Los Alonsos	**Cuartel/Rodal:**	B / 11-b
Altitud:	1444.6 m s.n.m.	**Coordenadas:**	423618.10, 4522881.71 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 16. Vista de la balsa BEL04 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la ladera E de Cabeza Mediana, cerca de la pista forestal pero sin visión directa desde ésta. Es la tercera balsa más pequeña de todas. No tiene un canal de salida de agua y en el momento del muestreo estaba a 1.2m por debajo de su nivel máximo, por lo que probablemente sea más permeable que otras balsas. Por ello también presenta una conductividad por encima de la media. Es hipereutrófica, con un nivel de oxígeno disuelto llamativamente bajo (<25% saturación). A ello probablemente contribuya el ser relativamente umbría y a la propia sombra que provoca la cobertura de *Lemna minor* (más del 75% de cobertura) sobre la columna de agua y por lo que también hay relativamente poca clorofila *a* en el agua. Es la única balsa donde aparece el macrófito *Alopecurus aequalis,* aunque poco abundante. La orilla es bastante pobre desde el punto de vista de la vegetación (5 especies). Está en el rango medio de riqueza taxonómica de macroinvertebrados. La orilla está algo pisoteada por el ganado y se observa alguna boñiga, lo que contribuye sin duda a elevar el nivel trófico.

Imágenes complementarias de la balsa

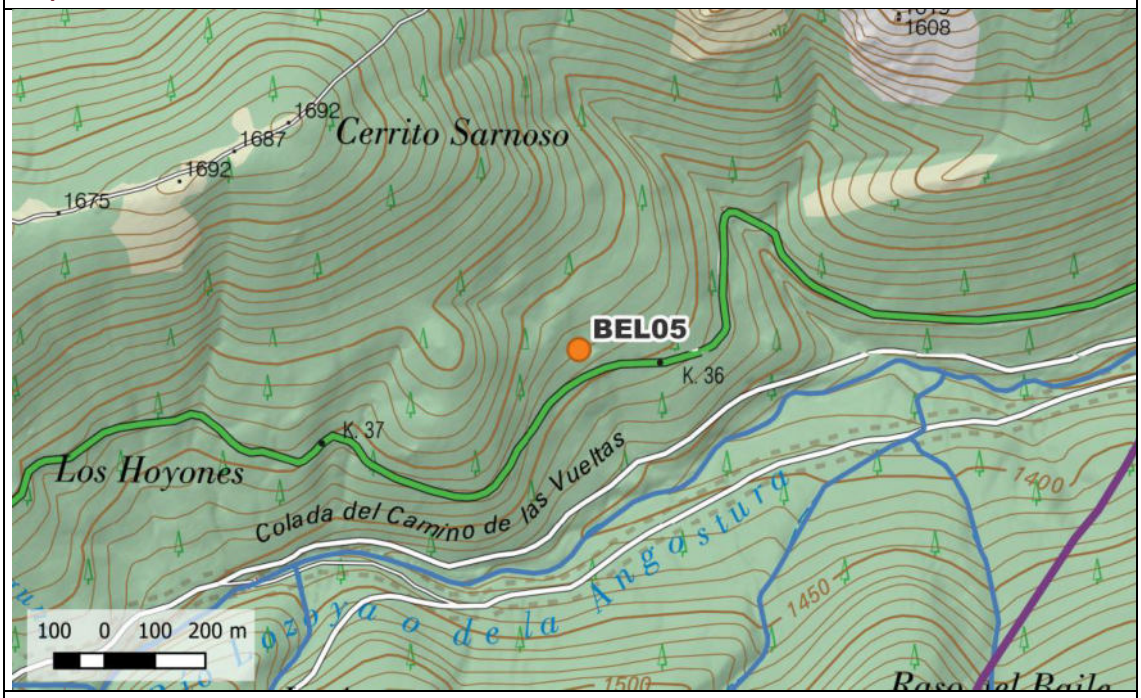
Foto 17. Vista de la balsa BEL04 en junio de 2022

Foto 18. Vista panorámica de BEL04 desde la orilla opuesta al dique en junio de 2022.

4.5. BEL05

Código:	**BEL05**		
Nombre(s):	La Gamonosa	**Cuartel/Rodal:**	E / 29
Altitud:	1465.7 m s.n.m.	**Coordenadas:**	422758.54, 4520656.35 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 19. Vista de la balsa BEL05 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la margen izquierda de La Angostura, cerca de la carretera M-604 y con una pista de acceso desde esta carretera hasta su orilla. En origen era una de las de mayor superficie, pero actualmente está cubierta en gran parte por *Typha latifolia* (>50%). En el resto de la balsa toda la columna de agua está ocupada por grandes masas de *Fontinalis* sp., recubierto por algas filamentosas. Tiene una conductividad algo elevada (66.3 µS/cm) y es claramente de carácter hipereutrófico (360 µg/l de fósforo total, 11.09 µg/l de clorofila *a*). Junto con BEL03, es la de mayor riqueza de macrófitos (7 especies, de las cuales es la única en la que aparece *Ranunculus heredaceus*) y también con una elevada diversidad de especies de orilla (12 especies). Está en el rango medio de riqueza taxonómica de macroinvertebrados. Tiene un número relativamente elevado de especies de cladóceros (3 especies). Presenta varias similitudes con BEL10.

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 20. Canal de salida de BEL05 en junio de 2022

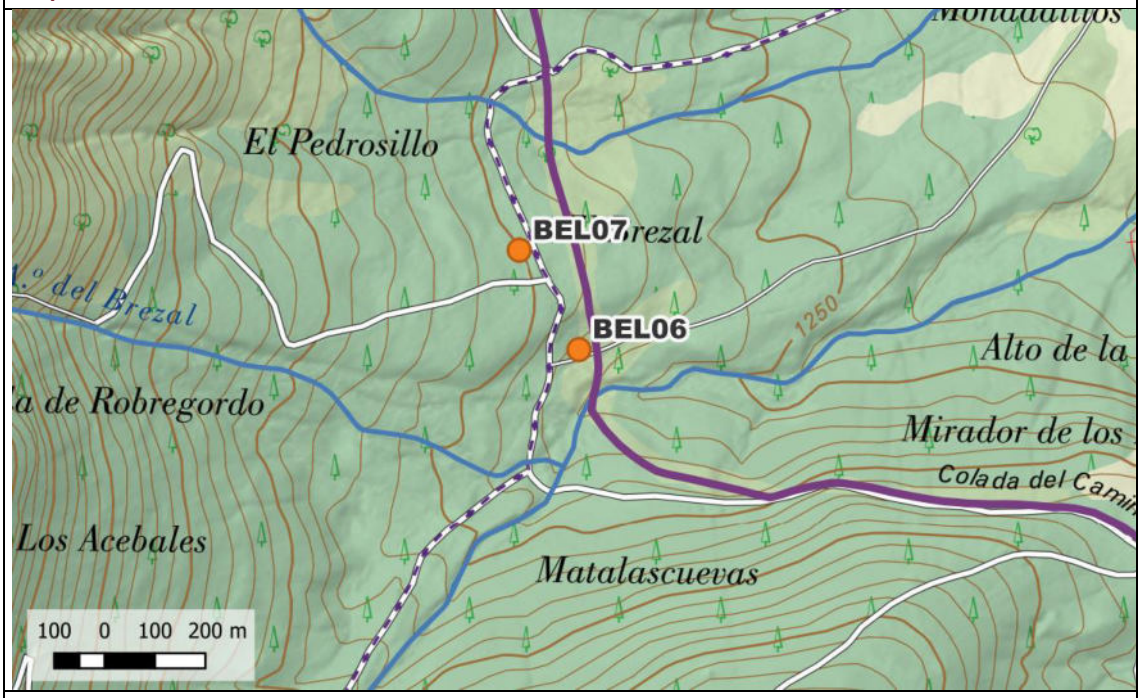
Foto 21. Vista de BEL05, con un sauce emergiendo, *Fontinalis* en la columna de agua y *Typha* al fondo en junio de 2022.

Foto 22. Vista panorámica de BEL05 en junio de 2022

4.6. BEL06

Código:	**BEL06**		
Nombre(s):	El Brezal I	**Cuartel/Rodal:**	A / 43
Altitud:	1270.7 m s.n.m.	**Coordenadas:**	423355.16, 4523701.45 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 23. Vista de la balsa BEL06 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la margen izquierda de La Umbría, cerca del Camino del Palero (variante GR-10.1). No tiene un dique de represa ni un canal de salida aparente, por lo que podría ser una charca natural en origen. Junto con BEL07, es la balsa situada a menor altitud (<1300 m s.n.m.). Es de gran tamaño, aunque un gran sauce ocupa gran parte de su superficie. Es la más somera de todas (0.5 m) y a finales de junio solo tenía 0.2 m de profundidad, por lo que posiblemente se seque todos los años. La concentración de sales y compuestos disueltos en el proceso de desecado se manifiesta en su elevada conductividad (175.4 µS/cm) y alcalinidad (565 µeq/l), las mayores de todas las balsas. También es la balsa con el agua de mayor color aparente y real, probablemente debido a la gran acumulación de restos vegetales en la cubeta (fundamentalmente pequeñas leñas y acículas). Está en el rango alto de la eutrofia, con niveles bajos de oxígeno disuelto y altos de clorofila *a* (9.07µg/l). Las orillas están pisoteadas por ganado y hay varias boñigas incluso dentro de la cubeta, favoreciendo la eutrofización y ocasionando un ligero olor a sulfhídrico al remover el sedimento. BEL06 y BEL07 son bastante parecidas, aunque BEL06 recibe algo más de radiación solar. Es muy pobre en táxones de macrófitos (1 especie) y macroinvertebrados acuáticos (8 especies), aunque tiene un número relativamente elevado de especies de cladóceros (3 especies).

Imágenes complementarias de la balsa

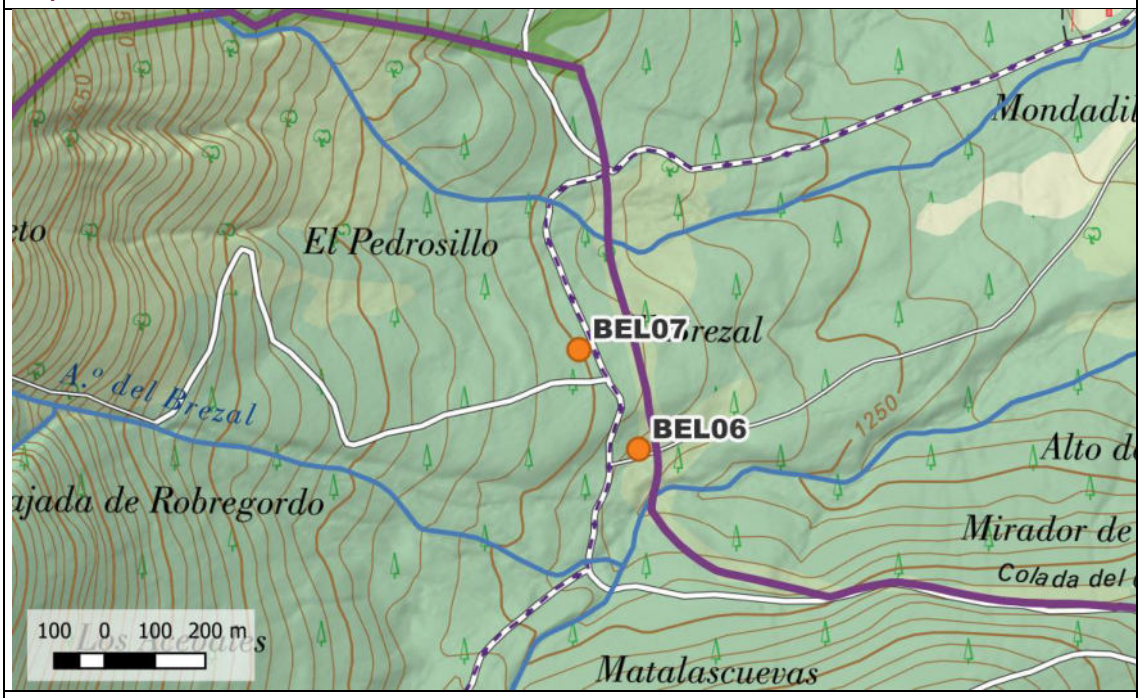
Foto 24. Vista de la balsa BEL06 en junio de 2022

Foto 25. Vista panorámica de BEL06 en junio de 2022

4.7. BEL07

Código:	**BEL07**		
Nombre(s):	El Brezal II	**Cuartel/Rodal:**	A / 43
Altitud:	1293.8 m s.n.m.	**Coordenadas:**	423237.70, 4523898.34 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 26. Vista de la balsa BEL07 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la margen izquierda de La Umbría, cerca del Camino del Palero (variante GR-10.1). Podría ser una charca natural en origen, pero tiene un canal de salida artificial y se han realizado movimientos de tierra. Junto con BEL07, es la balsa situada a menor altitud (<1300 m s.n.m.). Es bastante somera (máximo 0.8 m, 0.4 m durante el muestreo) y se encuentra en un avanzado estado de colmatación (islas en el centro) y se halla en gran medida cubierta por vegetación emergente (sauces). Posiblemente se seque todos los años. A diferencia de BEL06, la conductividad (37.6 µS/cm) y alcalinidad (565 µeq/l) es relativamente baja. Está en nivel eutrófico (66 µg/l de fósforo total), aunque la clorofila *a* (3.50 µg/l) es relativamente baja. Tanto el color aparente como el real es muy elevado, solo por debajo de BEL06, y comparte con ésta la acumulación de restos vegetales relativamente resistentes a la degradación (madera, acículas). Es muy pobre en táxones de macrófitos, pero está en el rango medio de macroinvertebrados acuáticos y tiene un número relativamente elevado de especies de cladóceros (3 especies). BEL06 y BEL07 son bastante parecidas, aunque BEL07 es más umbría.

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 27. Canal de salida de BEL07 en junio de 2022

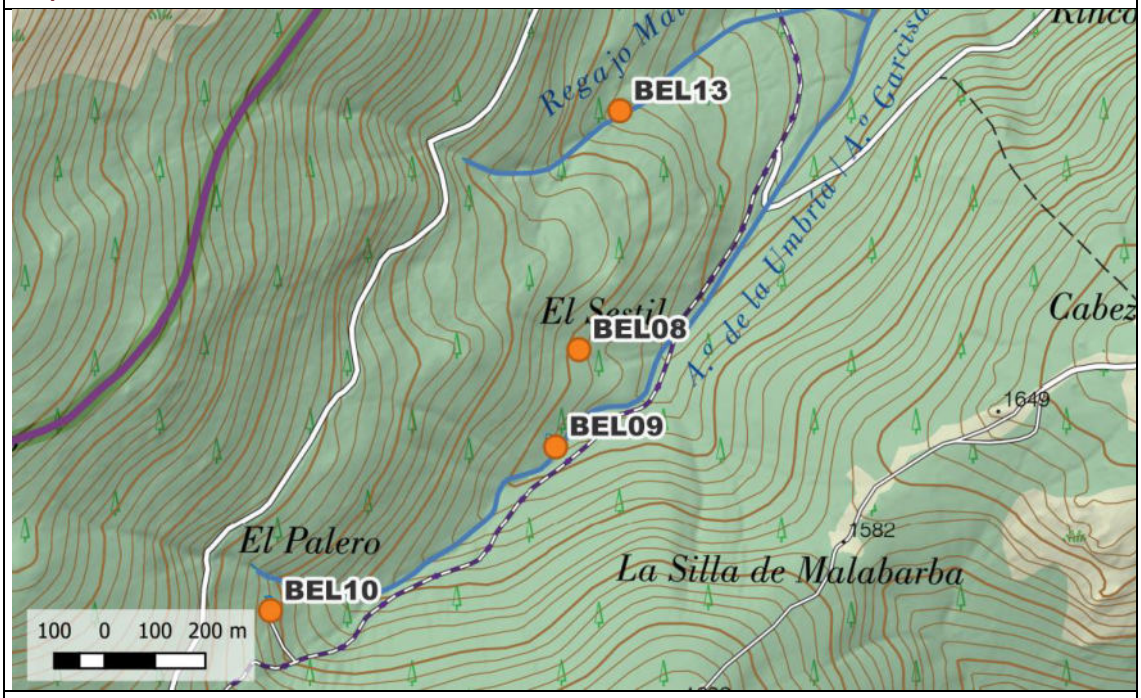
Foto 28. Vista panorámica de BEL07 en junio de 2022.

Foto 29. Vista panorámica de BEL07 en junio de 2022.

4.8. BEL08

Código:	**BEL08**		
Nombre(s):	El Sestil I, Palero II	**Cuartel/Rodal:**	A / 35
Altitud:	1490.2 m s.n.m.	**Coordenadas:**	421967.37, 4521824.52 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 30. Vista de la balsa BEL08 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la margen izquierda de La Umbría, cerca del Camino del Palero (variante GR-10.1). De pequeño tamaño, sin embargo es bastante profunda (2.4 m). No destaca especialmente por ningún parámetro hidroquímico, salvo que es la balsa con el agua con menos desarrollo de color. Está en el rango de la eutrofia (70 µg/l de fósforo total), con una concentración de clorofila importante (7.59 µg/l). Prácticamente no tiene macrófitos, salvo la presencia muy puntual de lenteja de agua, y el zooplancton es algo pobre en especies (aunque la densidad del rotífero *Keratella quadrata* es altísima). Por el contrario, es la balsa con mayor riqueza taxonómica de macroinvertebrados acuáticos. Está bastante rodeada por vegetación arbórea, lo que le otorga algo de sombra. Alrededor aparece alguna boñiga, aunque no parece que el uso ganadero sea muy intenso. Presenta varias similitudes con BEL13, y en menor medida con BEL09.

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 31. Vista de la balsa BEL08 en junio de 2022.

Foto 32. Vista de la ubicación de la balsa BEL08 en junio de 2022 (no se aprecia la lámina de agua) .

Foto 33. Vista panorámica de la balsa BEL08 en junio de 2004, sin apenas vegetación litoral.

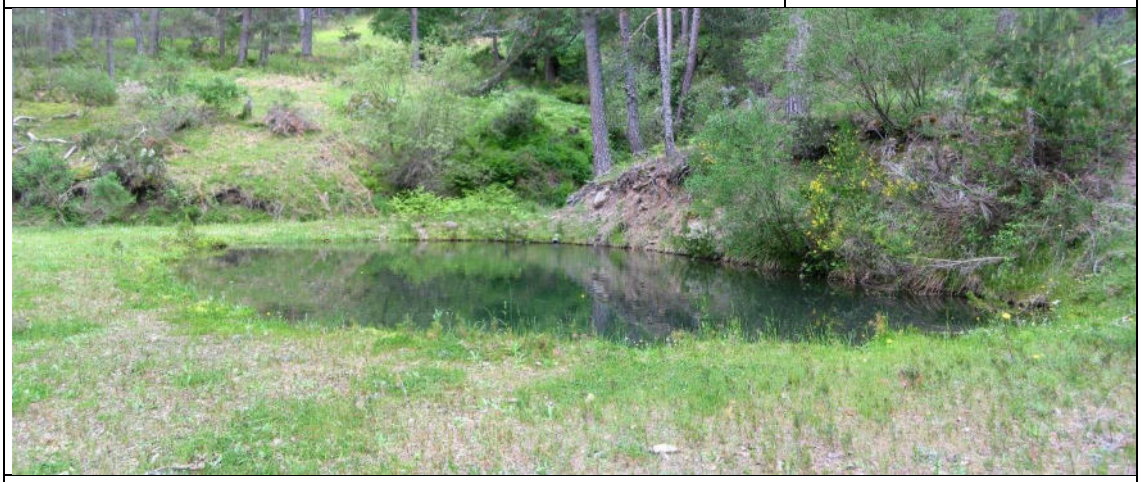
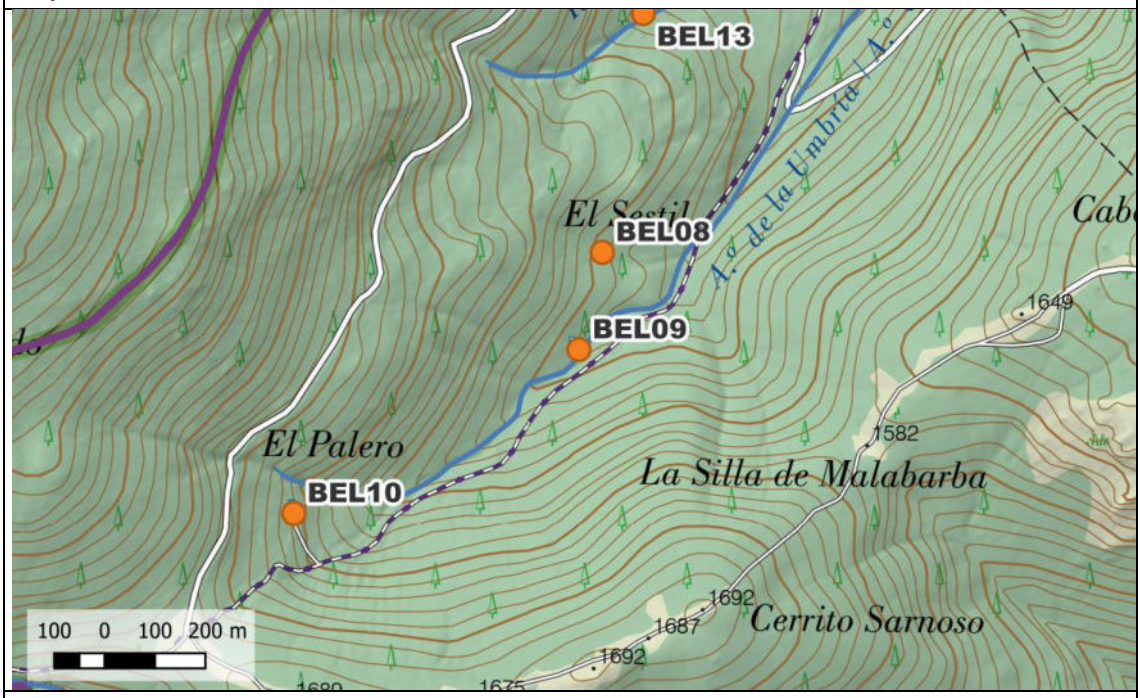


Foto 34. Vista panorámica de la balsa BEL08 en junio de 2004, sin apenas vegetación litoral.

4.9. BEL09

Código:	**BEL09**		
Nombre(s):	El Sestil II, Palero I	**Cuartel/Rodal:**	A / 35
Altitud:	1486.5 m s.n.m.	**Coordenadas:**	421921.70, 4521631.66 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 35. Vista de la balsa BEL09 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la margen izquierda de La Umbría, muy cerca del Camino del Palero (variante GR-10.1). De pequeño tamaño, pero no demasiado profunda (1.25 m). Es similar a BEL08 pero en este caso no estaba circulando agua por la tubería de entrada y el nivel del agua era 0.45 m menor del nivel máximo. Por ello casi todos los parámetros hidroquímicos son más elevados en BEL09 y acentúan la eutrofia: alcalinidad de 375 µeq/l (la segunda más elevada de todas), fósforo total 87 µg/l y clorofila a 8.64 µg/l. También el color es un agua algo más coloreada que en BEL08. La diversidad de macrófitos es baja (2 especies), aunque *Callitriche brutia* tiene una abundancia considerable (<25%). Está en el rango medio-alto de riqueza taxonómica de macroinvertebrados. La densidad del rotífero *Keratella quadrata* es alta, sin llegar a las enormes densidades de BEL08.

Imágenes complementarias de la balsa

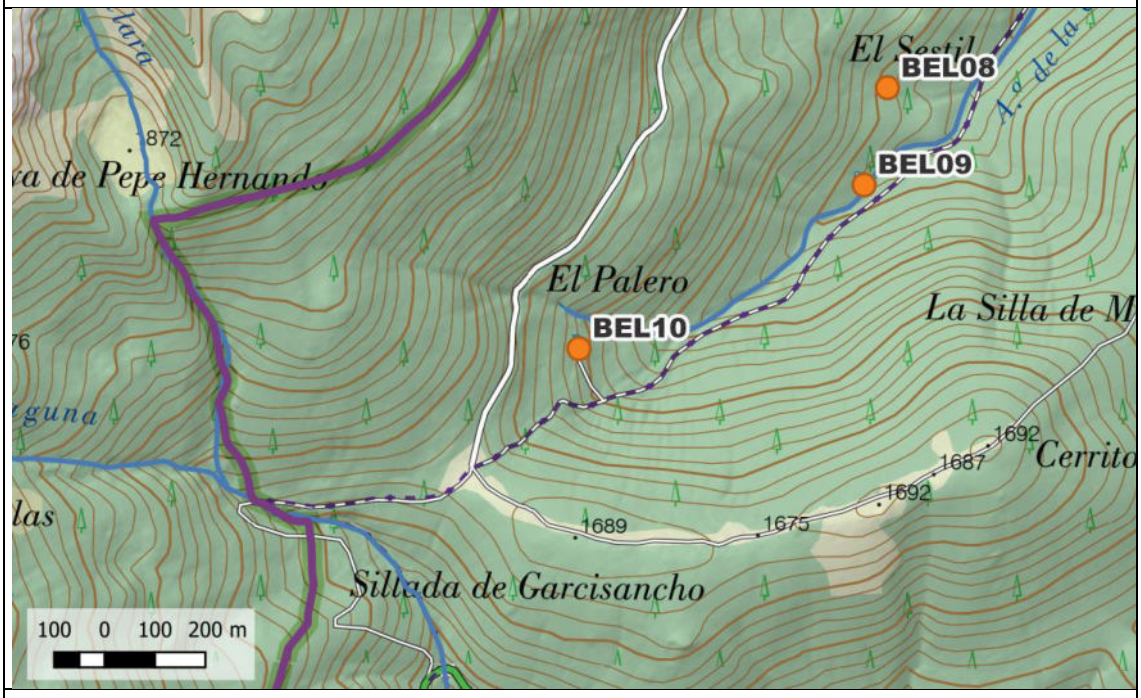
Foto 36. Vista de la balsa BEL09 en junio de 2022, donde se aprecia que no está entrando agua y el descenso de nivel.

Foto 37. Vista de BEL09 en mayo de 2004.

4.10. BEL10

Código:	**BEL10**		
Nombre(s):	Sillada de Garcisancho, Charca de los Plumeros	**Cuartel/Rodal:**	A / 35
Altitud:	1608.1 m s.n.m.	**Coordenadas:**	421355.99, 4521307.23 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 38. Vista de la balsa BEL10 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la margen izquierda de La Umbría, cerca de la Sillada de Garcisancho. Es la balsa situada a mayor altitud (1608 m s.n.m.). Es similar a BEL05 en varios aspectos. Destaca por su riqueza específica de macrófitos acuáticos (6 especies), pero la superficie ocupada por *Typha* es algo menor que en BEL05 (>25%). Tiene la máxima riqueza florística en la orilla (15 especies), por lo que desde el punto de vista vegetal tiene el máximo de especies observado en una balsa (junto con BEL05). Está en el rango de la eutrofia (62 µg/l de fósforo total), con una concentración de clorofila importante (7.05 µg/l). Presenta un color aparente y real algo más elevado que BEL05, y una conductividad y alcalinidad ligeramente menor. Está en el rango medio de riqueza taxonómica de macroinvertebrados. En la fauna vertebrada se puede destacar la presencia muy abundante tanto de *Pelophylax perezi* como de *Triturus marmoratus.* El Camino del Palero (variante GR-10.1) ha adoptado con el tiempo un pequeño desvío de manera que ahora pasa por la orilla de la balsa, por lo que probablemente sea la balsa con mayor número de visitantes.

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 39. Canal de salida de BEL10 en junio de 2022.

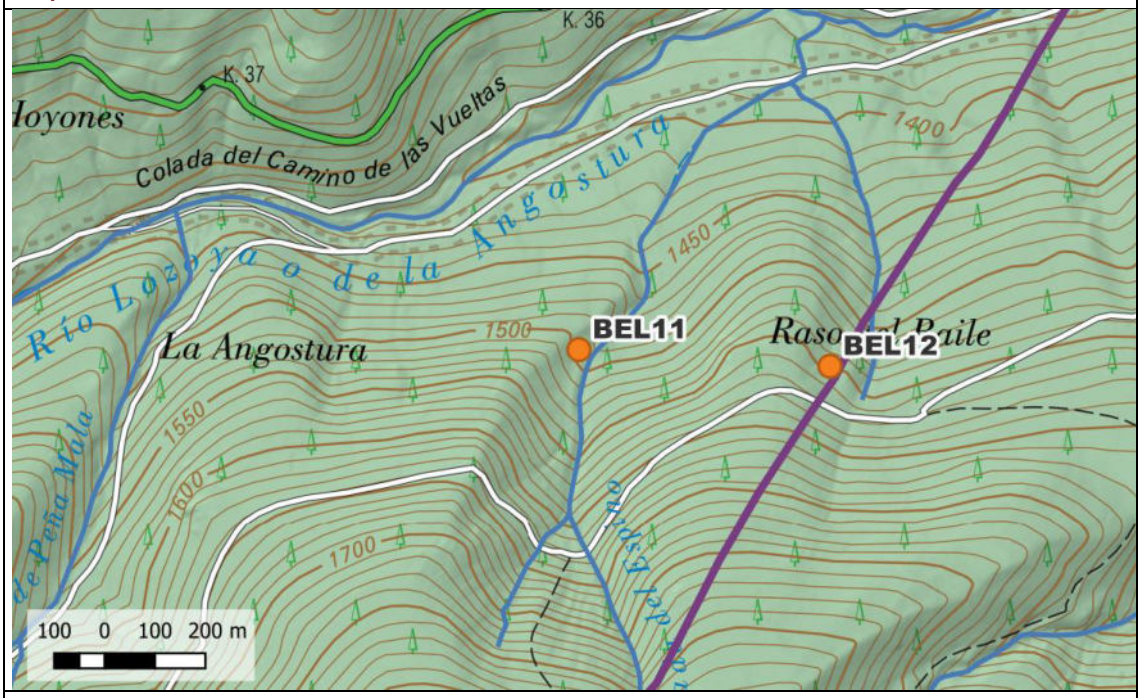
Foto 40. Vista de la balsa BEL10 en junio de 2022.

	Foto 41. Vista de BEL10 en junio de 2004, con mucha menos vegetación acuática y de orilla.

4.11. BEL11

Código:	**BEL11**		
Nombre(s):	Peñamala, Raso del Baile II	**Cuartel/Rodal:**	D / 49
Altitud:	1494.2 m s.n.m.	**Coordenadas:**	422981.40, 4519960.54 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 42. Vista de la balsa BEL11 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la margen izquierda de La Angostura, bastante alejada de las pistas forestales principales. Tiene la conductividad (21.26 µS/cm) y alcalinidad (127.5 µeq/l) más baja de todas las balsas, y el agua tiene poco color. Está en el rango alto de la mesotrofia (34 µg/l de fósforo total), pero con niveles altos de clorofila *a* (11.64 µg/l). La riqueza de específica de macrófitos es baja (2 especies), aunque *Callitriche brutia* ocupa más del 50% de la superficie de la balsa. La diversidad vegetal de la orilla también es baja, por lo que en conjunto esta balsa es una de las de menor riqueza florística. Por el contrario, está en el rango medio-alto de riqueza taxonómica de macroinvertebrados destacando la presencia de caobóridos. En la fauna vertebrada se puede destacar la abundante presencia de *Hyla molleri.*

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 43. Vista de BEL11 en junio de 2022.

Foto 44. Vista de BEL11 en junio de 2022.

Foto 45. Vista panorámica de BEL11 en junio de 2022.

Foto 46. Vista de BEL11 en febrero de 2022, completamente cubierta de hielo.

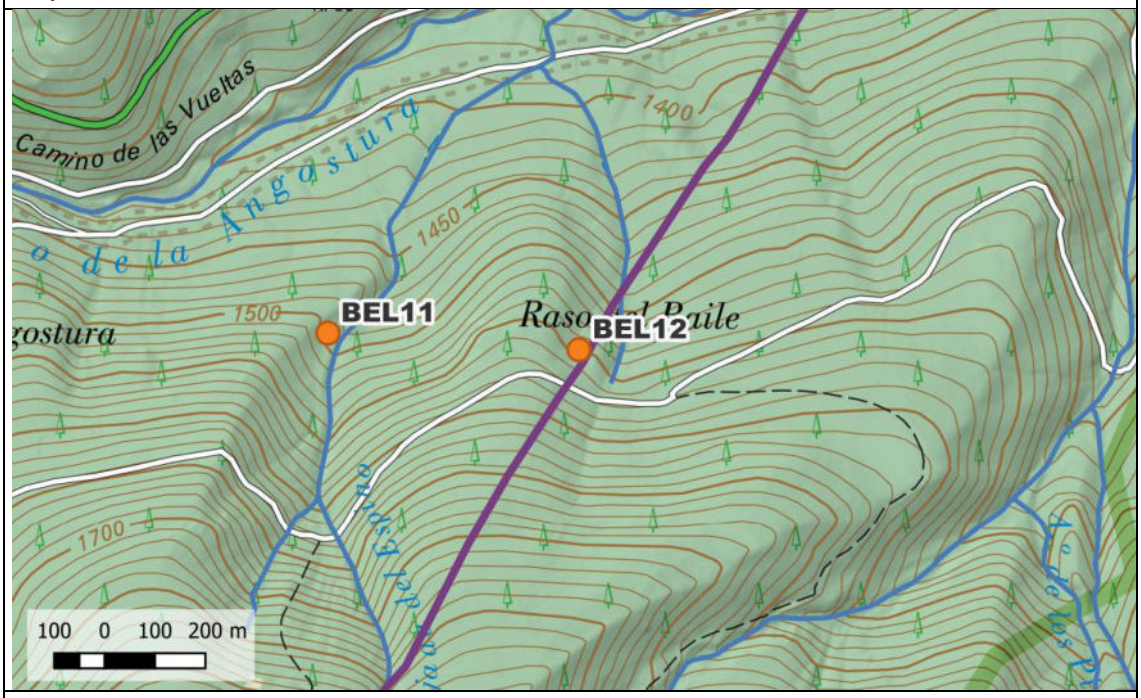
Foto 47. Vista de BEL11 en febrero de 2022, completamente cubierta de hielo.

	Foto 48. Vista de BEL11 en julio de 2004.
	Foto 49. Vista de BEL11 en julio de 2004, donde ya se aprecia el crecimiento de *Callitriche brutia.*

4.12. BEL12

Código:	**BEL12**		
Nombre(s):	Raso del Baile, Raso del Baile I	**Cuartel/Rodal:**	D / 47
Altitud:	1541.9 m s.n.m.	**Coordenadas:**	423479.46, 4519927.19 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 50. Vista de la balsa BEL12 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la margen izquierda de La Angostura, cerca de la pista forestal pero sin visión directa desde ésta. Es la segunda situada a mayor altitud (1542 m s.n.m.) y la segunda en profundidad (2.7 m). La entrada de agua se produce directamente desde un arroyo (sin desvío) con bastante caudal, lo que probablemente condiciona su baja conductividad (28.92 µS/cm), alcalinidad (202.2 µeq/l) y color del agua. Está en el rango alto de la mesotrofia (31 µg/l de fósforo total), pero con niveles muy altos de clorofila *a* (12.89 µg/l). La riqueza de específica de macrófitos es baja (2 especies), aunque *Lemna minor* ocupa prácticamente el 100% de la superficie de la balsa. La diversidad vegetal de la orilla también es baja, por lo que en conjunto esta balsa tiene una baja riqueza florística. Tiene una baja riqueza taxonómica de macroinvertebrados acuáticos (9 especies).

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 51. Vista BEL12 en junio de 2022.

Foto 52. Vista BEL12 en junio de 2022.

Foto 53. Vista BEL12 en febrero de 2022, parcialmente cubierta de hielo.

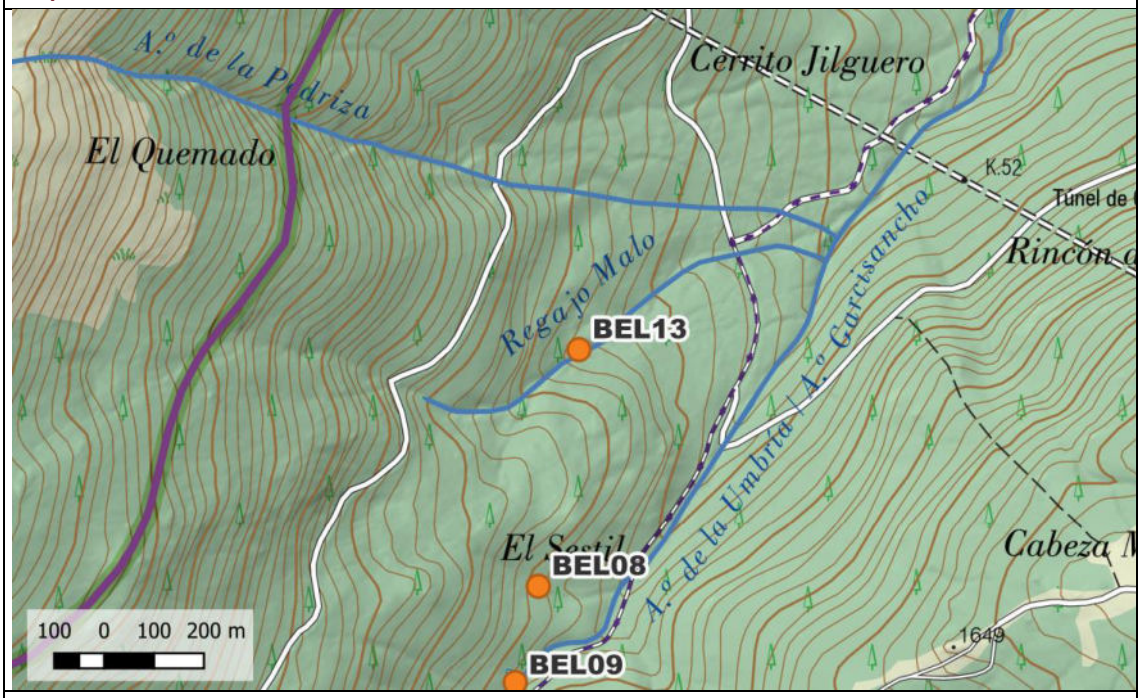
Foto 54. Vista panorámica de BEL12 en febrero de 2022, parcialmente cubierta de hielo.

Foto 55. Vista panorámica de BEL12 en junio de 2004, con la lámina de agua sin cubrir por la lenteja de agua.

4.13. BEL13

Código:	**BEL13**		
Nombre(s):	Regajo malo, La Pedriza	**Cuartel/Rodal:**	A / 37, 38
Altitud:	1473.7 m s.n.m.	**Coordenadas:**	422049.301, 4522298.157 ETRS89

Mapa de localización:



Fotografía de la balsa

Foto 56. Vista de la balsa BEL13 en junio de 2022.

Descripción de la balsa:

Balsa situada en la margen izquierda de La Umbría, cerca del Camino del Palero (variante GR-10.1). De tamaño relativamente pequeño, sin embargo, es bastante profunda (2.6 m). La entrada de agua a través de la toma de agua es alta, lo que explicaría su baja conductividad (31.54 µS/cm), alcalinidad (223.4 µeq/l) y color del agua. Está en el rango de la mesotrofia (24 µg/l de fósforo total) y con niveles bajos de clorofila *a* (1.26 µg/l). Es la única balsa en la que no se han localizado macrófitos acuáticos, y la riqueza de especies de la orilla también es muy baja, por lo que desde el punto de vista de la flora es la de menor diversidad. Por el contrario, es la segunda en mayor diversidad de macroinvertebrados acuáticos y cuenta con la presencia del raro grupo de los caobóridos. Tiene un número relativamente elevado de especies de cladóceros (3 especies). Presenta varias similitudes con BEL08, y en menor medida con BEL09.

Imágenes complementarias de la balsa

Foto 57. Vista de BEL13 en junio de 2022.

Foto 58. Vista panorámica de BEL13 en junio de 2022.

5. Bibliografía

Álvarez Cobelas, M., Sánchez Carrillo, S. eds. . 2020. *Ecología acuática de Madrid*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

Araujo, R. 2020. Moluscos. En Álvarez Cobelas, M., Sánchez Carrillo, S. (eds.), *Ecología acuática de Madrid*, Biblioteca de Ciencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

Céréghino, R., Boix, D., Cauchie, H.-M., Martens, K., Oertli, B. 2014. The ecological role of ponds in a changing world. *Hydrobiologia* 723: 1-6.

Fahrig, L. 2020. Why do several small patches hold more species than few large patches? *Global Ecology and Biogeography* 29: 615-628.

García-Avilés, J. 2020. Insectos III: Heterópteros, Odonatos y Coleópteros. En Álvarez Cobelas, M., Sánchez Carrillo, S. (eds.), *Ecología acuática de Madrid*, Biblioteca de Ciencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

OECD ed. . 1982. *Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control*. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

Rivas-Martínez, S., Cantó, P., Pizarro, J., Izquierdo, J.L., Rivas-Sáenz, S., Molero, J., Marfil, J.M. et al. 2021. Advances in geobotany and new tools in biogeographic and bioclimatic maps: Sierra de Guadarrama National Park. *International Journal of Geobotanical Research* 10: 91-110.

Soriano, Ó., Ruiz, I., Bueno, R., Cobo, F. 2020. Insectos I: Dípteros. En Álvarez Cobelas, M., Sánchez Carrillo, S. (eds.), *Ecología acuática de Madrid*, Biblioteca de Ciencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.