



INVENTARIO Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LAGOS Y LAGUNAS DE ALTA MONTAÑA EN LAS PROVINCIAS DE PALENCIA Y LEÓN (ESPAÑA)

Inventory and morphological characterization of high mountain lagoons and lakes in the provinces of Palencia and León (Spain)

J. F. Fuentes-Pérez*, J. Navarro Hevia, J. Ruiz Legazpi & A. García-Vega

U.D. de Hidráulica e Hidrología. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. E.T.S. de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Avd. Madrid, 57, CP: 34004, Palencia. España.

* Autor corresponsal: jfuentes@iaf.uva.es

Recibido: 16-03-2015. **Aceptado:** 06-07-2015. **Fecha de publicación on-line:** 19/10/2015.

Citation / Cómo citar este artículo: Fuentes-Pérez, J. F., Navarro Hevia, J., Ruiz Legazpi, J. & García-Vega, A. (2015). Inventario y caracterización morfológica de lagos y lagunas de alta montaña en las provincias de Palencia y León (España). *Pirineos*, 170, e013. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2015.170006>

RESUMEN: Los lagos y lagunas de alta montaña no son un rasgo típico del paisaje de la Península Ibérica, sino más bien una excepción en el medio natural, por ello su estudio y conservación presenta gran interés. Este trabajo surge con objeto de inventariar y caracterizar un conjunto de diecisiete complejos lagunares ubicados en las provincias de Palencia y León (Cordillera Cantábrica y Sierra de la Cabrera), sin ningún tipo de restricción por tamaño. Así mismo se describen sus cuencas, ligadas con las masas de agua y que determinarán su futura evolución. Entre otros resultados, cabe señalar que, a pesar de su carácter de cabecera, presentan una red hidrológica compleja y variada, denotando la diversidad de estos sistemas. La composición litológica parece incidir significativamente en la profundidad de las unidades, sin embargo la profundidad y dimensiones de las lagunas dependen en gran medida de las características concretas de su morfogénesis. En general, los lagos y lagunas estudiados parecen ser más frágiles ante posibles alteraciones en sus cuencas al compararlas con otros sistemas de mayor tamaño recogidos en diferentes estudios.

PALABRAS CLAVE: Lagos de alta montaña; cuencas de montaña; inventario; morfometría.

ABSTRACT: High mountain lakes and lagoons are not a typical feature of the landscape of the Iberian Peninsula, but rather an exception in the natural environment, therefore its study and conservation presents great interest. This study arises in order to inventory and characterize a set of seventeen lagoon complex located over the provinces of Palencia and León, without any kind of size restriction. Likewise their basins are described, since they are related with them and they will determine their future evolution. Among other results, it should be noted that, despite they are situated at high altitude, they have a complex and varied hydrological network, denoting the high diversity of these systems. The lithology factor seems to affect significantly to the depth of the studied units, however depth and dimensions of the lakes are strongly related with the specific characteristics of their morphogenesis. In general, studied lakes and lagoons appear to be more fragile to possible alterations in their catchments if they are compared with bigger systems studied in the specialized literature.

KEYWORDS: High mountain lakes; mountain basins; inventory; morphometry.

1. Introducción

En España los lagos y lagunas de alta montaña constituyen una singularidad en el medio natural y, aunque en su mayoría sean pequeños (Toro *et al.*, 2006), tienen gran importancia ya que además de encontrarse en el origen del ciclo hidrológico, son auténticos refugios y reservorios biológicos, excepciones geomorfológicas y sistemas que, en muchas ocasiones, se encuentran inalterados (Toro & Granados, 2002).

La mayoría de los lagos de alta montaña se originaron por la acción de los hielos glaciares durante el Pleistoceno, por ello podemos considerarlos como ecosistemas jóvenes (Catalan *et al.*, 2006). Este hecho junto con su marcado aislamiento (García-Jurado *et al.*, 2007) han puesto de manifiesto la importancia de su estudio y conservación, ya sea como indicadores del cambio global u otras alteraciones ambientales (Morales-Baquero *et al.*, 1992; Skjelkvåle y Wright, 1998; Battarbee *et al.*, 2002; Catalan *et al.*, 2002; Battarbee, 2005; Catalan *et al.*, 2006), para comprender y observar procesos (Catalan *et al.*, 1992; Toro & Granados, 2002; Casamitjana *et al.*, 2006; Vega *et al.*, 2005) o simplemente para estudiar la vida en condiciones extremas (Cruz-Pizarro *et al.*, 1994; Almodóvar & Elvira, 2000; Carrillo *et al.*, 2002; Carrillo *et al.*, 2008; Ordoñez *et al.*, 2009).

Así mismo y dada su excepcionalidad, han surgido grandes trabajos de inventario y caracterización que han incluido muchos de estos sistemas, como *El Catálogo de los Lagos Españoles* (Pardo, 1948) o *El Inventario de Lagos y Humedales de España* (Montes, 1995) a nivel nacional o *El Catálogo de zonas húmedas de Castilla y León* (Decreto 194/1994) y su ampliación (Decreto 125/2001) a nivel de Castilla y León, lo que ha propiciado que tanto la legislación Europea, a través de la Directiva Marco de Agua (Comisión Europea, 2000), como la legislación estatal, mediante las Instrucciones de Planificación Hidrológica Nacional (Orden ARM/2656/2008), intenten asegurar su buen estado químico, hidrológico y ecológico (Arruebo *et al.*, 2009).

No obstante, tanto en el estudio como en el inventario y caracterización de las lagunas de alta montaña, existe un marcado sesgo en cuanto al tamaño se refiere (Fuentes-Pérez, 2009). Esto se debe principalmente a que, por un lado la legislación nacional es una transposición de la europea, donde en general las masas de agua presentan un mayor tamaño, y por otro, a que en muchos casos para establecer redes comparativas es necesario el estudio de masas con características morfológicas y físico-químicas similares (Battarbee *et al.*, 2002), quedando así las de menor tamaño relegadas a un segundo plano. De la misma forma, pequeñas lagunas constituyen en ciertas ocasiones complejos lagunares con masas de mayor entidad (Catalan *et al.*, 2006) (a partir de ahora asociadas) [e.g. Lagunas de Neila (Burgos), Pozo de las Lomas (Palencia), etc.], formando sistemas funcionalmente indivisibles que deben ser estudiados en conjunto. Así mismo, si se considera que históricamente los sistemas con mayor número de estudios han sido los más próximos a los grandes cen-

tros universitarios (Pascual *et al.*, 2000) se concluye que muchas de las lagunas peninsulares de menor entidad no han sido inventariadas y mucho menos caracterizadas (Toro *et al.*, 2006). Un caso particular de esta discriminación por tamaño son las masas de la Cordillera Cantábrica donde el 73% de ellas presenta una superficie inferior a 0,5 ha (Pascual *et al.*, 2000), límite que las suele excluir de cualquier posible inventario.

Por otro lado, teniendo en cuenta que, a pesar de su tamaño, estos lagos y/o lagunas de menor tamaño en ocasiones muestran los mismos procesos morfogenéticos y morfodinámicos que masas mayores (Fuentes-Pérez, 2009), siempre a una escala menor, se pueden considerar en algunos aspectos, como modelos reducidos de las de mayor envergadura, y por lo tanto, surge la oportunidad de obtener con un coste menor (dada sus menores superficies de estudio) conclusiones equiparables o aproximaciones interesantes, haciendo que su inventario y caracterización cobre un gran interés.

Bajo estas premisas y con el fin de solventar, en cierta medida, estas limitaciones surge el presente trabajo. En él se inventarían y caracterizan morfológicamente 17 complejos lagunares, sin ningún tipo de exclusión por tamaño, repartidos en las provincias de Palencia y León (Cordillera Cantábrica y Sierra de la Cabrera). Todo ello con el fin de describir estos sistemas lagunares de alta montaña, que de otra forma no serían objeto de inventario, tener un punto de referencia para poder tomar decisiones futuras y servir como ejemplo de caracterización e iniciativa a considerar.

2. Área de Estudio

Los lagos y lagunas considerados forman parte de la selección realizada para el proyecto del Plan Nacional REN 2003-03718/HD, "Bases científicas para la definición del estado ecológico de lagos y lagunas de montaña de la cuenca del Duero". La mayor parte de estas masas de agua se sitúan en el norte de las provincias de Palencia y León, en la Cordillera Cantábrica, y el resto al sur de la provincia de León, en la Sierra de la Cabrera (Figura 1), todas ellas pertenecientes a las cuencas del río Duero y del río Miño.

En la Tabla 1 se definen las coordenadas geográficas UTM de cada una de ellas así como las principales composiciones litológicas de sus cuencas, de acuerdo a los mapas geológicos nacionales del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) a escala 1:50000. Teniendo en cuenta su situación y litología, los lagos y lagunas estudiados pueden dividirse en tres grupos o regiones (Figura 1). El grupo I se corresponde con las masas más orientales. Éstas se encuentran en una zona compuesta principalmente por pizarras, conglomerados y calizas, si bien cabe resaltar que el Pozo de las Lomas (PA1) se sitúa sobre un stock granítico que toma el nombre de la cumbre a la que da origen, Peña Prieta (2539 m.s.n.m.) y Fuentes Carrionas y Hoyo Empedrado (PA2 y LE1) sobre la formación Lechada de lutitas y areniscas westfalienses, ambas formaciones ampliamente estudiadas por Gallastegui *et al.* (1990). El grupo II, situado al noroeste, se encuentra

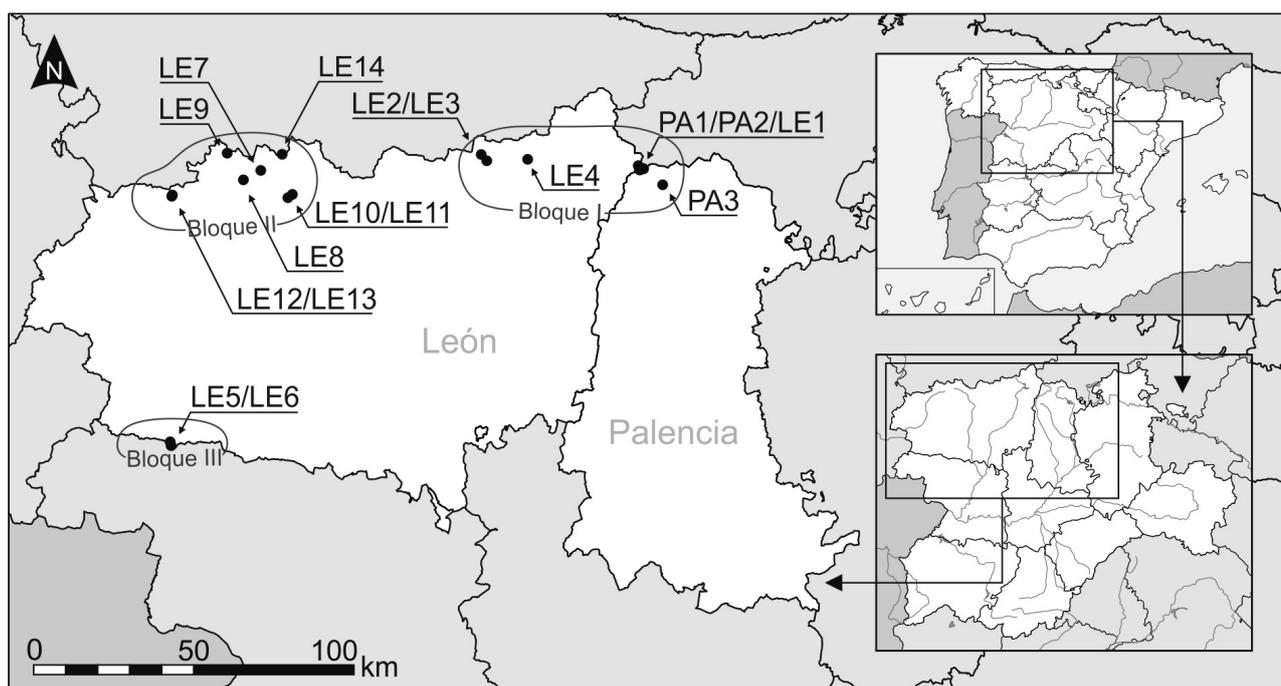


Figura 1: Situación de los complejos lagunares estudiados.
 Figure 1: Situation of the studied lakes.

sobre una región de pizarras y calizas excepto por las lagunas El Miro y Pozo Cheiroso (LE12 y LE13) que se asientan sobre cuarcitas areniscas y pizarras correspondientes a serie de los Cabos y la laguna El Castro (LE8) que lo hace sobre areniscas y pizarras de la cuenca Estefaniense de Villablino. Por último el grupo III, en el suroeste, se encuentra formado por dos lagos próximos de diferente cuenca (Truchillas y Malicioso) que se hallan asentados sobre cuarcitas blancas.

Todas las masas de agua estudiadas, dada su ubicación, se encuentran al amparo de diferentes figuras de protección (Tabla 1).

3. Materiales y métodos

Con objeto de localizar y delimitar las masas de agua objeto de estudio, en una primera fase, fueron situadas sobre los mapas topográficos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:25000 y ortofotografías aéreas. Con esta información, siempre que no existieran, se trazaban las mejores rutas de acceso. Así mismo, en un intento de caracterización previa se analizaron los diferentes inventarios existentes, donde únicamente se localizaron las de mayor envergadura. En este sentido, cabe señalar que algunos de estos trabajos fueron realizados mediante mapas topográficos con escalas espaciales grandes [e.g. la escala de análisis utilizada por Pardo (1948) en su investigación fue de 1:50000, necesaria debido a la envergadura de dicho trabajo], lo que conllevó a ciertas desviaciones en la estimación previa de la superficie y la forma de algunas lagunas.

Posteriormente, por un lado se realizó una caracterización in situ de cada unidad del complejo seleccionado, y por otro lado, en gabinete se estudiaron las cuencas vertientes de cada una mediante los mapas vectorizados del IGN a escala 1:25000. Este estudio multiescalar era necesario dado que, de forma general, existe una estrecha relación entre las masas de agua y las características de sus cuencas (Catalan *et al.*, 2006), que no siempre es obvia dada la cantidad de variables implicadas (Håkanson, 2005).

3.1. Caracterización de las masas

Los trabajos de campo tuvieron lugar durante el verano y otoño de 2008 (desde el 14/07/08 hasta el 15/10/08). Se diseñó una ficha de caracterización que recogía diferentes aspectos de cada laguna (posibles procesos morfo-genéticos, origen hidrológico, forma, conectividad, etc.), que era posteriormente completada, evaluada y contrastada en gabinete (Anexo I). Así mismo, se llevó a cabo el levantamiento topográfico de la lámina de agua de cada unidad mediante GPS (Garmin eTrex Vista HCx) y la batimetría del transecto de mayor longitud en intervalos de 1 metro mediante un profundímetro (HONDEX PS-7).

Estas lagunas en numerosas ocasiones forman complejas redes hidrológicas, ya sean con arroyos o masas de agua asociadas, con un alto grado de conectividad y dependencia. Estas redes se definían mediante recorridos perimetrales, utilizando GPS, y analizando la topografía y los flujos de escorrentía.

Tabla 1: Situación de los lagos y lagunas estudiadas, litología y figuras de protección.
 Table 1: Situation of the studied lakes, lithology and protection categories.

Código	Nombre	Situación (Datum ETRS89)			Litología	Régimen de Protección
		Municipio	UTM (km)	Altitud (m)		
PA1.1	Pozo de las Lomas	Velilla de Río Carrión	30T3584763	2055	Granodiorita/tonalita (Stock Peña Prieta) (Gallastegui <i>et al.</i> , 1990)	Parque Natural, Catálogo Regional de Zonas Húmedas de Interés Especial, ZEPA y LIC
PA1.2	Asociada		30T3584764	2129		
PA1.3	Asociada		30T3584764	2129		
PA1.4	Asociada		30T3584764	2129		
PA1.5	Asociada		30T3584764	2129		
PA2.1	Fuentes Carrionas	Cervera de Pisuerga	30T3594764	2200	Alternancia arenoso-pelítica con intercalación de niveles de conglomerados predominantemente silíceos y brechas calcáreas y calizas (formación Lechada) (Gallastegui <i>et al.</i> , 1990)	
PA2.2	Asociada		30T3594764	2195		
PA3	Pozo Oscuro		30T3654759	2024	Cuarzitas estratificadas (formación Murcia) (Rodríguez Fernández, 1985)	Parque Natural y Catálogo Regional de Zonas Húmedas de Interés Especial
LE1	Hoyo Empedrado	Boca de Huérgano	30T3574765	2073	Alternancia arenoso-pelítica con intercalación de niveles de conglomerados predominantemente silíceos y brechas calcáreas y calizas (formación Lechada) (Gallastegui <i>et al.</i> , 1990)	Parque Regional, ZEPA y LIC
LE2	Robledo	Puebla de Lillo	30T3104766	1435	Calizas grises oscuras biomicríticas (formación Barcaliente) y pizarras grises o negras con niveles de areniscas (formación Fresnedo) (Rodríguez Fernández, 1990a)	
LE3	Ausente			30T3084768	1740	Cuarzitas (formación Barrios) (Rodríguez Fernández, 1990a)
LE4	Mampodre	Maraña	30T3234767	1445	Calizas negras (formación Barcaliente), calizas rojas y radiolitas (formación Alba), pizarras y liditas negras (formación Vegamián), microconglomerados silíceos, areniscas y calizas (formación Emita) (Rodríguez Fernández, 1990b)	Parque Regional, ZEPA y LIC
LE5	Truchillas	Truchas	29T7074674	1755	Cuarzitas blancas (Rodríguez Fernández, 1982b)	Monumento natural, ZEPA y LIC
LE6	Malicioso		29T7074675	1855		
LE7	De Babia	Cabrillanes	29T7294762	1435	Dolomías, calizas y pizarras (grupo Vid) (Rodríguez Fernández, 1982a)	Parque Natural, Catálogo Regional de Zonas Húmedas de Interés Especial, Reserva de la Biosfera, ZEPA y LIC
LE8	El Castro	Villablino	29T7244759	1305	Areniscas, pizarras y niveles de Carbón (Rodríguez Fernández, 1982a)	Espacio Natural, Reserva de la Biosfera, ZEPA y LIC
LE9	La Chagunona		29T7184767	1873	Areniscas, areniscas feldespáticas, cuarcitas, pizarras y conglomerados (formación Herrería o Candana) (Rodríguez Fernández, 1982a)	
LE10	Chao	San Emiliano	29T7394755	1820	Pizarras negras ampelíticas con intercalaciones de areniscas (formación Formigosa) (Rodríguez Fernández, 1998)	Parque Natural, ZEPA y LIC
LE11	Bustagil		29T7384754	1734	Pizarras verdes, lutitas grises y areniscas (formación Oville) (Rodríguez Fernández, 1998)	
LE12	El Miro	Palacios del Sil	29T7014753	1785	Cuarzitas, areniscas y pizarras (serie de Los Cabos) (Huerga Rodríguez, 1981)	Espacio Natural, Reserva de la Biosfera, Catálogo Regional de Zonas Húmedas de Interés Especial, ZEPA y LIC
LE13	Pozo Cheiroso		29T7024752	1790		
LE14	Congosto	San Emiliano	29T7354768	1955	Pizarras y areniscas (serie Huergas) y calizas (serie Portilla) (Rodríguez Fernández, 1982c)	Parque Natural, ZEPA y LIC

Posteriormente los datos fueron digitalizados mediante el programa AutoCAD. Por un lado el transecto, obteniendo el perfil batimétrico para estimar las diferentes profundidades, y por otro lado, la superficie de la lámina, superponiéndola tanto a la ortofoto como a la cartografía digitalizada para contrastar posibles incoherencias.

Mediante el procesado de los datos obtenidos en los trabajos de campo se obtuvieron los diferentes parámetros morfométricos para cada una de las unidades estudiadas: perímetro (P_L), superficie (S_L), longitud (L_{max}), anchuras (B_{max}), profundidades máxima (Z_{max}) y media (Z_{med}), índices de forma (C_G) y otros derivados como el volumen (V_L), estimado como $S_L \cdot Z_{med}$.

El origen de cada laguna, así como los posibles modelos periglaciares, se determinaron mediante la observación in situ, el estudio de mapas topográficos y la revisión de bibliografía.

Una vez definidas todas las variables se utilizó, por un lado, el análisis de la varianza (ANOVA) para determinar si las relaciones entre estas variables eran estadísticamente significativas en relación con la litología y, por otro lado, el análisis de regresión para determinar la relación entre las diferentes variables continuas estudiadas.

3.2. Caracterización de las cuencas vertientes

Para comprender el funcionamiento de cada una de las lagunas así como para confirmar el origen de las mismas, es necesario realizar un estudio a mayor escala. En este sentido, se llevó a cabo el análisis de cada una de las cuencas de los complejos estudiados mediante las hojas vectorizadas de los mapas topográficos del IGN a escala 1:25000. Entre otros parámetros de cuenca se calcularon la superficie (S_C), el índice de forma (C_G), la curva hipsométrica (representación gráfica de la superficie acumulada frente a la cota) y la pendiente media (I), de acuerdo a Martínez de Azagra y Navarro (1996).

Así mismo con objeto de comparar la vulnerabilidad de los complejos lagunares estudiados con otros sistemas peninsulares se calculó el cociente entre el volumen de las masas de agua (estimado como $Z_{med} \cdot S_L$) y la superficie de la cuenca (S_C). Se trata de un índice que ayuda a interpretar el grado de vulnerabilidad de las masas ante actuaciones en su cuenca vertiente (Catalan, 1987; Vega *et al.*, 2005).

4. Resultados y discusión

Los lagos y lagunas estudiadas tienen un tamaño pequeño al compararlas con las descritas en otros sistemas montañosos de la Península Ibérica, como pueden ser los Pirineos (Catalan *et al.*, 1992) o el Sistema Central (Toro *et al.*, 2006). Este menor tamaño determina una mayor influencia de las condiciones ambientales externas. De forma general, se trata de unidades pequeñas donde más del 50% presentan superficies inferiores a 0,5 ha. Esto se ajusta a la realidad peninsular donde el 75% de las lagunas presenta una superficie inferior a media hectárea

(Toro *et al.*, 2006). Así mismo, el total de las masas de agua estudiadas ocupan una superficie de 220 ha, destacando que el 67,15% de esta superficie corresponde tan solo a 4 láminas de agua [lago de Babia (LE7), lago de Truchillas (LE5), lago del Ausente (LE3) y lago de Fuentes Carrionas (PA2)] (Figura 2). Gran parte de las masas de agua de mayor tamaño pertenecen al primer y tercer grupo, correspondiendo con las lagunas de litología más dura. A pesar de que El lago de Babia pertenece al grupo II, debe su mayor superficie a su origen por una transfluencia glacial del río Sil (Santos González, 2012). Así mismo, predominan las lagunas con forma redonda y ovalada (Tabla 3 y Figuras 3 y 4).

Los 17 complejos lagunares se distribuyen en un amplio rango altitudinal, que presenta como cota superior los 2200 m.s.n.m. y como inferior los 1305 m.s.n.m. Más del 80% de estas lagunas aparecen ubicadas a una altitud superior a los 1500 m.s.n.m., límite considerado como frontera para las condiciones de alta montaña (Pascual *et al.*, 2000).

La mayoría de los lagos y lagunas estudiados deben su origen a un circo glaciar, aunque también las hay de origen yuxtaglacial y por transfluencia glacial (Tabla 2). El origen es menos apreciable a medida que se desciende en altitud dada la mayor intensidad de los procesos sedimentarios (deposición y acumulación) y las alteraciones antrópicas (Battarbee, 2005). La única masa de agua que parece tener un sistema morfogenético distinto es la laguna Chagunona, cuyo origen se debe a un factor combinado entre el glacialismo y procesos kársticos.

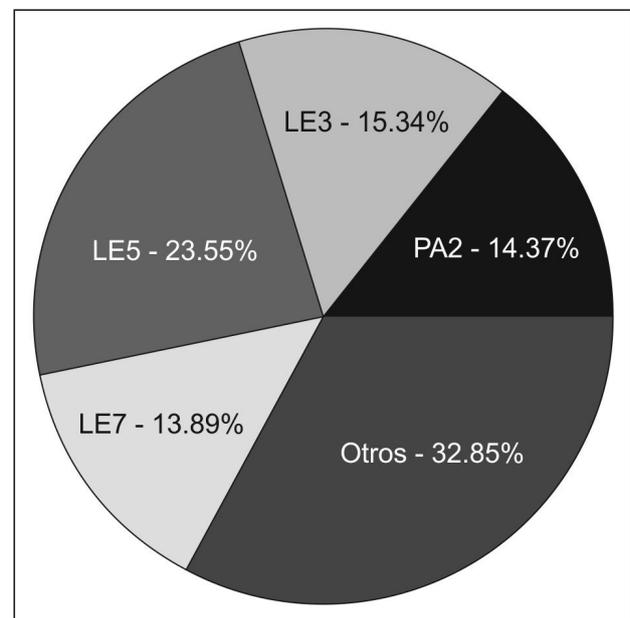


Figura 2: Distribución de la superficie de las unidades estudiadas. PA2: Fuentes Carrionas; LE3: Ausente; LE5: Truchillas; LE7: Babia.

Figure 2: Distribution of surface in the studied lakes. PA2: Fuentes Carrionas; LE3: Ausente; LE5: Truchillas; LE7: Babia.

Tabla 2: Origen de las unidades lagunares estudiadas.

Table 2: Origin of the studied lakes.

Código	Nombre	Origen	Observaciones
PA1	Pozo de las Lomas	Circo glaciar	Circo glaciar coronado por las Agujas de Cardaño con dos cubetas de sobre-excavación, estando la inferior ocupada por el Pozo de las Lomas.
PA2	Fuentes Carrionas	Circo glaciar	El circo de Fuentes Carrionas posee un complejo morrénico frontal (formado por cuatro morrenas frontales) que cierra el Pozo de Fuentes Carrionas y su asociada.
PA3	Pozo Oscuro	Circo glaciar	El arco morrénico que define el margen de la vertiente noreste indica un posible origen por glaciar de circo. Además, su cuenca presenta también forma de circo, rodeada por escarpes rocosos con numerosas cárcavas.
LE1	Hoyo Empedrado	Circo glaciar	Esta laguna se halla situada en el denominado circo de Hoyo Empedrado, protegido y alimentado por las paredes granodioríticas de las Agujas de Cardaño.
LE2	Robledo	Circo glaciar	El valle que sucede a la laguna (Valle de Iyarga) presenta extensos depósitos glaciares (Rodríguez Fernández, 1990a) y teniendo en cuenta la propia morfología de la cuenca de esta laguna (Fig. 3), parece factible que durante la fase glaciar se produjera en esta cuenca una acumulación de nieve (un glaciar de circo de poca magnitud). Esta acumulación, debido al estrechamiento final de la cuenca, ofrecía mayor resistencia donde en la actualidad se asienta la laguna, produciendo una sobreexcavación.
LE3	Ausente	Circo glaciar	Se sitúa en una cubeta sobreexcavada por el circo glaciar del Ausente. Los indicios de esta actividad perduran a día de hoy como formas heredadas, tales como el escarpe rocoso en forma de circo que antecede a la laguna o el arco morrénico que le precede.
LE4	Mampodre	Circo glaciar	Esta laguna se halla situada entre los depósitos glaciares del denominado circo Mampodre. Existen abundantes tills (sobre todo cerca de la localidad Maraña) de los que algunos presentan forma de arco, o la cabecera de la cuenca, conformada por tres circos unidos en su base.
LE5	Truchillas	Circo glaciar	El lago ocupa una depresión que fue sobreexcavada por un glaciar de circo (presenta una corona de roca cuarcítica y dos morrenas laterales). El valle que sucede al lago presenta forma de artesa hepíclindrica, modelado ahora por el arroyo del lago y los bloques erráticos que arrancó la lengua de hielo a su paso, que ahora aparecen desperdigados por toda la zona que sucede a la laguna.
LE6	Malicioso	Circo glaciar	La cabecera del valle del reguero del Malicioso presenta un doble circo, siendo uno de ellos el correspondiente a la cubeta donde se asienta el lago Malicioso. Dicha cubeta se conformó por una sobreexcavación profunda (lo que explicaría la gran profundidad del lago) delimitada en la actualidad por el circo cuarcítico que antecede a la masa y los derrubios en forma de arco que la suceden. De la misma forma se pueden apreciar por todo el valle que sucede al lago grandes bloques erráticos.
LE7	De Babia	Transfluencia glaciar del río Sil	La ausencia de una cabecera en el valle se explica por las grandes dimensiones que alcanzó el glaciar del Sil, haciendo que una parte de esta gran lengua difluyera a través del collado de Babia, sobre-excavando la cubeta que ocupa el lago y depositando arcos morrénicos y bloques erráticos (Santos González & Fernández Martínez, 2011).
LE8	El Castro	Yuxtaglaciario	La lengua glaciar que la originó se situó por detrás de los abanicos aluviales proglaciares de Villablino. Su formación se produjo por la deglaciación lenta en toda la zona alternada con pequeños avances del frente glaciar que no sobrepasaron el límite máximo inicial (Leira <i>et al.</i> , 1997).
LE9	La Chagunona	Mixto	Origen debido a un factor combinado entre el glaciario (la actividad glaciar de la zona queda definida por los depósitos glaciares y la forma de artesa hepíclindrica del valle de Sosas, pareciendo razonable pensar que la orografía propició una zona de acumulación de nieve, acompañada de su sobreexcavación) y procesos kársticos (formación de la dolina).
LE10	Chao	Circo Glaciar	La morfología glaciar en la cabecera del arroyo de Riologo está constituida por circos glaciares, con cubetas de sobreexcavación y cierres morrénicos que alojan las lagunas del Lago y del Chao (Plan hidrológico de la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero. Anejo 3: zonas protegidas, 2012).
LE11	Bustagil	Circo glaciar	Existe una cresta cuarzoarenítica que corona el oeste de la laguna (que responde a la forma propia heredada por la presencia de un glaciar de circo) y extensos depósitos glaciares desde la propia laguna hasta aguas abajo del arroyo Bustagil. El valle de Bustagil se encuentra en la vertiente norte de la sierra de Villabandín. Dicha sierra está formada por numerosas redes de valles en artesa con nitidos circos en sus cabeceras (Frochoso Sánchez & Castañón Álvarez, 1997).
LE12	El Miro	Yuxtaglaciario	La lengua glaciar que la originó se situó por detrás de los abanicos aluviales proglaciares de Villablino. Su formación se produjo por la deglaciación lenta en toda la zona alternada con pequeños avances del frente glaciar que no sobrepasaron el límite máximo inicial (Leira <i>et al.</i> , 1997).
LE13	Pozo Cheiroso	Circo glaciar	Se presenta un circo sobreexcavado en roca cuarcítica que corona a la laguna, al que le sigue un valle en artesa hepíclindrica.
LE14	Congosto	Circo glaciar	La cabecera de la cuenca tiene forma de circo, limitada por las crestas calizas situadas en el occidente. Se presenta también un arco morrénico consolidado en el oriente.

Tabla 3: Características físicas de las unidades lagunares estudiadas.

Table 3: Physical characteristics of the studied lakes.

Código	S_L (m ²)	P_L (m)	L_{max} (m)	B_{max} (m)	Z_{max} (m)	Z_{med} (m)	Tipología (C_C)		Conectividad ¹	Origina ³
PA1.1	19832.48	607.04	198.43	145.14	8.20	6.16	1.21	Redonda	Exorreica	Arroyo de las Lomas
PA1.2	130.79	58.90	16.27	14.51	<0.50	<0.50	1.44	Ovalada	Exorreica	Asociada 1.2
PA1.3	611.18	129.38	47.81	21.56	1.30	0.87	1.47	Ovalada	Exorreica	Asociada 2.1
PA1.4	116.95	48.34	16.52	12.29	<0.50	<0.50	1.25	Redonda	Exorreica	Asociada 2.2
PA1.5	1968.09	219.09	67.03	46.55	1.60	1.35	1.38	Ovalada	Exorreica	Las Lomas
PA2.1	30342.42	710.82	260.68	159.92	11.70	6.47	1.14	Redonda	Exorreica	Asociada 1
PA2.2	2193.58	214.87	76.60	38.78	3.50	2.34	1.28	Ovalada	Exorreica	Río Carrión
PA3	2162.77	183.80	73.24	38.85	6.70	3.62	1.11	Redonda	Endorreica	–
LE1	1183.09	161.73	53.08	33.39	<0.50	<0.50	1.32	Ovalada	Exorreica	Arroyo de Hoyo Empedrado
LE2	12153.74	481.19	159.20	121.94	0.00	0.00	1.22	Redonda	Endorreica parcial ²	–
LE3	34730.43	715.19	249.45	211.82	11.80	6.38	1.07	Redonda	Endorreica	–
LE4	914.12	143.14	47.26	27.58	<0.50	<0.50	1.33	Ovalada	Exorreica	Reguero Mampodre
LE5	53327.95	1083.74	431.32	181.70	5.60	3.28	1.31	Ovalada	Exorreica	Arroyo del Lago
LE6	5756.93	305.03	115.63	72.66	8.80	5.63	1.13	Redonda	Exorreica	Reguero del Malicioso
LE7	31452.14	925.98	407.76	125.78	<2.00	<2.00	1.46	Ovalada	Endorreica parcial ²	Arroyo de Lago
LE8	7800.77	390.93	126.25	109.74	<0.50	<0.50	1.24	Redonda	Endorreica	–
LE9	4357.10	274.23	105.42	63.41	<0.50	<0.50	1.16	Redonda	Endorreica parcial	Río de Sosas
LE10	6505.14	505.09	206.51	65.68	0.00	0.00	1.75	Fusifornte	Exorreica	Arroyo de la Señal
LE11	1385.16	153.49	52.81	39.77	0.00	0.00	1.15	Redonda	Endorreica parcial ²	Arroyo de Bustagil
LE12	810.49	110.87	41.20	26.76	<0.50	<0.50	1.09	Redonda	Endorreica	–
LE13	5231.30	299.68	109.01	66.77	5.70	4.39	1.16	Redonda	Endorreica parcial ²	Arroyo la Braña el Monte
LE14	3467.68	271.75	78.36	63.10	<0.50	<0.50	1.29	Ovalada	Endorreica parcial ²	Río de la Majúa

¹ Refleja la situación observada en campo.

² Endorreica en el momento de estudio pero con constancia de exorreísmo.

³ Unidad a la que da origen el lago o la laguna.

Simbología

Símbolo	Unidad	Significado
S_L	m ²	Superficie del lago o laguna
P_L	m	Perímetro del lago o laguna
L_{max}	m	Longitud máxima del lago o laguna
B_{max}	m	Anchura máxima perpendicular a la longitud máxima del lago o laguna
Z_{max}	m	Profundidad máxima del lago o laguna
Z_{med}	m	Profundidad media del lago o laguna
C_C	–	Coficiente o índice de forma de Gravelius
S_C	m ²	Superficie de la cuenca
P_C	m	Perímetro de la cuenca
L_C	m	Longitud de la cuenca
H_{max}	m	Altitud máxima de la cuenca
H_{med}	m	Altitud media de la cuenca
H_{min}	m	Altitud mínima de la cuenca
I	%	Pendiente media de la cuenca
V_L	m ³	Volumen del lago o laguna ($Z_{med} \cdot S_L$)
A_{med}	m	Altura media de la cuenca

Existe una gran diversidad muestral en cuanto a la profundidad se refiere, si bien son coherentes con sus tamaños, las características litológicas y su morfogénesis (Tablas 1 y 2). De forma general, la profundidad de las lagunas es mayor a medida que aumentan en superficie (p -valor=0.008 para Z_{\max} y p -valor=0.012 para Z_{med}), lo que también se observa en las lagunas de alta montaña del Pirineo (Catalan *et al.*, 1992).

La relación entre la profundidad y litología es estadísticamente significativa [en general, los lagos de mayor profundidad media y máxima se sitúan en los grupos asociados a una litología más dura (grupos I y III)] siempre que no se consideren las lagunas asociadas en el análisis (Tabla 4). Esto viene justificado por el hecho de que las lagunas asociadas al Pozo de las Lomas, se encuentran a una altitud superior a la misma por lo que, además de presentar un tamaño menor, actúan a modo de trampa previa para las deposiciones (Fig. 3, PA1) y en el análisis computan como cuatro masas de agua, siendo su peso relativo elevado, por lo tanto al considerarlas se distorsiona la realidad observada.

Cabe destacar que si bien la relación profundidad-litología es estadísticamente significativa, la profundidad y dimensiones de las lagunas también dependen de las características concretas de su morfogénesis. Los lagos con mayores profundidades son el lago Ausente (LE3) y el pozo de Fuentes Carrionas (PA2) (Tabla 3), ambos con origen por circo glaciar y con potentes lenguas de hielo (Tabla 2). El circo del Ausente tuvo una lengua glaciar sobrealimentada por otras que descendían por la Sierra de Sentiles (Rodríguez Pérez, 1995), mientras que el circo de Fuentes Carrionas, debido a su altitud y orientación, superó el umbral de 2200 m, descendiendo hacia el valle de Fuentes Carrionas (Pellitero Ondicol, 2012). Como masas de menor profundidad se han clasificado las temporales, Robledo (LE2), Chao (LE10) y Bustagil (LE11), todas ellas en estado avanzado de colmatación.

En cuanto a la hidrología, las lagunas presentan un origen epigénico, es decir, se distinguen corrientes superficiales que dan origen a las mismas (Figuras 3 y 4). No obstante, estos flujos en múltiples ocasiones son intermitentes debido a la presencia de canchales asociados a las

lagunas, por debajo de los cuales en ocasiones circulan las corrientes o regueros, desapareciendo en ciertos tramos (e.g. Malicioso). La conectividad aguas abajo de estas masas dependerá del hidroperiodo inter e intra anual y en muchos casos pudiendo llegar a ser endorreicas en la época estival (Tabla 3).

La morfología de las cuencas vertientes de cabecera, en su gran mayoría redondeadas (Tabla 5), favorecen una escorrentía distribuida en pequeñas y numerosas corrientes [e.g. LE5 (Figura 3)], que disminuyen en número cuando las morfologías son más alargadas y los valles en forma de U más marcados [e.g. LE10 (Figura 4)]. Esto denota el carácter complejo de estos sistemas y demuestra la necesidad de tratar estas masas de agua junto con sus cuencas a la hora de analizarlas y conservarlas.

Las curvas hipsométricas (proporción de superficie con relación a la altitud, es decir, superficie que existe por encima de una cota determinada) de las diferentes cuencas revelan perfiles propios de cuencas de cabecera (todas las lagunas se encuentran en las cabeceras de la red hidrológica), donde los tramos de mayor altitud presentan una escasa proporción superficial que aumenta a medida que se desciende (Figura 3). Este hecho, en términos individuales, supone mayores pendientes a medida que se asciende en altitud, y de la misma forma, se refleja al comparar los datos en conjunto donde las cuencas situadas a unas altitudes menores presentan pendientes menores (Tabla 5). Las curvas hipsométricas muestran los diferentes relieves y altimetrías de cada cuenca y permiten evaluar, en una primera fase, la vulnerabilidad de las masas de agua ante procesos erosivos. En este sentido, por ejemplo, en las cuencas de las lagunas PA1, LE2, LE3, LE5 y LE6, se puede observar una disminución en la pendiente antes de alcanzar las masas de agua que es susceptible de disminuir la velocidad de las corrientes descendentes favoreciendo la retención previa de sedimentos (Figura 5).

La diversidad muestral es coherente con las características litológicas y morfológicas observadas para las diferentes cuencas (Tablas 1, 2 y 5). Si bien, no se han detectado tendencias significativas entre los parámetros de cuenca y masa. Este hecho no es de extrañar dada la complejidad de estos sistemas y la cantidad de variables que intervienen en los procesos evolutivos de estas masas (Håkanson, 2005), siendo necesario destacar que probablemente las cuencas de los lagos y lagunas estudiados fueron mucho más amplias durante su génesis.

A pesar de que, en general, las lagunas de alta montaña presentan un aceptable estado de conservación debido a su marcado aislamiento (Fernández *et al.*, 2000), son ecosistemas muy susceptibles a cambios en sus cuencas vertientes. En este sentido, el índice de área de la cuenca entre el volumen de la masa de agua (S_c/V_l) da una idea de la sensibilidad y fragilidad de las unidades ante actuaciones antrópicas en sus respectivas cuencas, resultando elevado al compararlas con otras masas de agua [e.g. 0.32 para el Estany Redó en el Pirineo Central (Catalan, 1987) o 1.36 para el lago de Sanabria en Zamora (Vega *et al.*, 2005)], lo que indica que, en general, los lagos y lagunas estudiados son frágiles ante actuaciones en sus cuencas vertientes.

Tabla 4: ANOVA para las profundidades de las masas frente a los niveles de litología, dura (grupos I y III) y blanda (grupo II). Para el ANOVA: * p -valor < 0,05, n.s.: no significativa.

Table 4: ANOVA for depths against the lithological levels, hard (groups I and III) and soft (group II). For ANOVA:

* p -valor < 0.05, n.s. not significant.

Variable	F	p-valor	
<i>Considerando asociadas</i>			
Z_{\max}	3.73	0.068	n.s.
Z_{med}	2.94	0.102	n.s.
<i>Sin considerar asociadas</i>			
Z_{\max}	7.15	0.017	*
Z_{med}	5.63	0.032	*

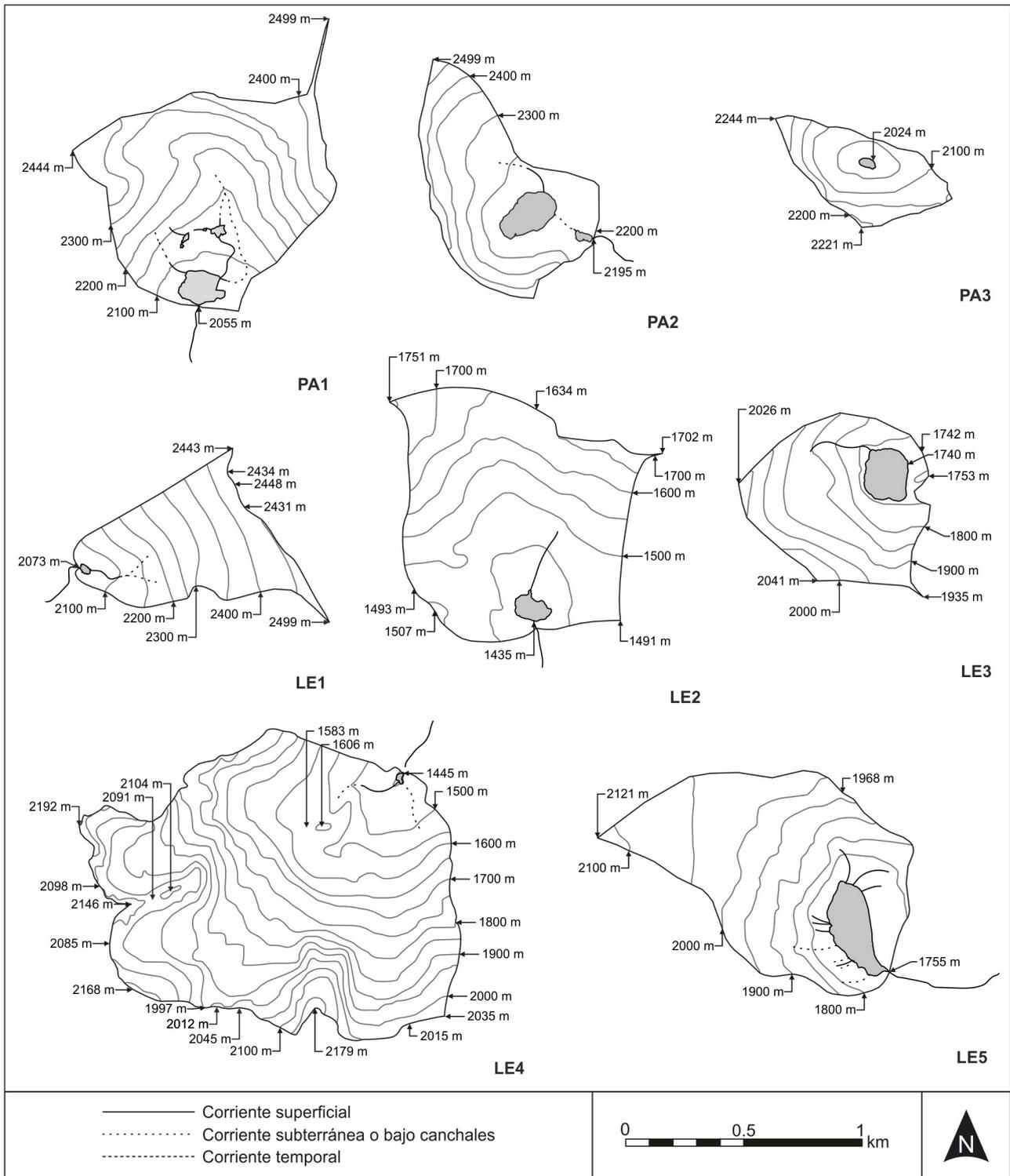


Figura 3: Topografía de las lagunas, definición de sus cuencas vertientes y funcionamiento hidrológico observado: PA1, PA2, PA3, LE1, LE2, LE3, LE4 y L5E.

Figure 3: Topography of lagoons and defining their catchments and hydrological performance: PA1, PA2, PA3, LE1, LE2, LE3, LE4 and LE5.

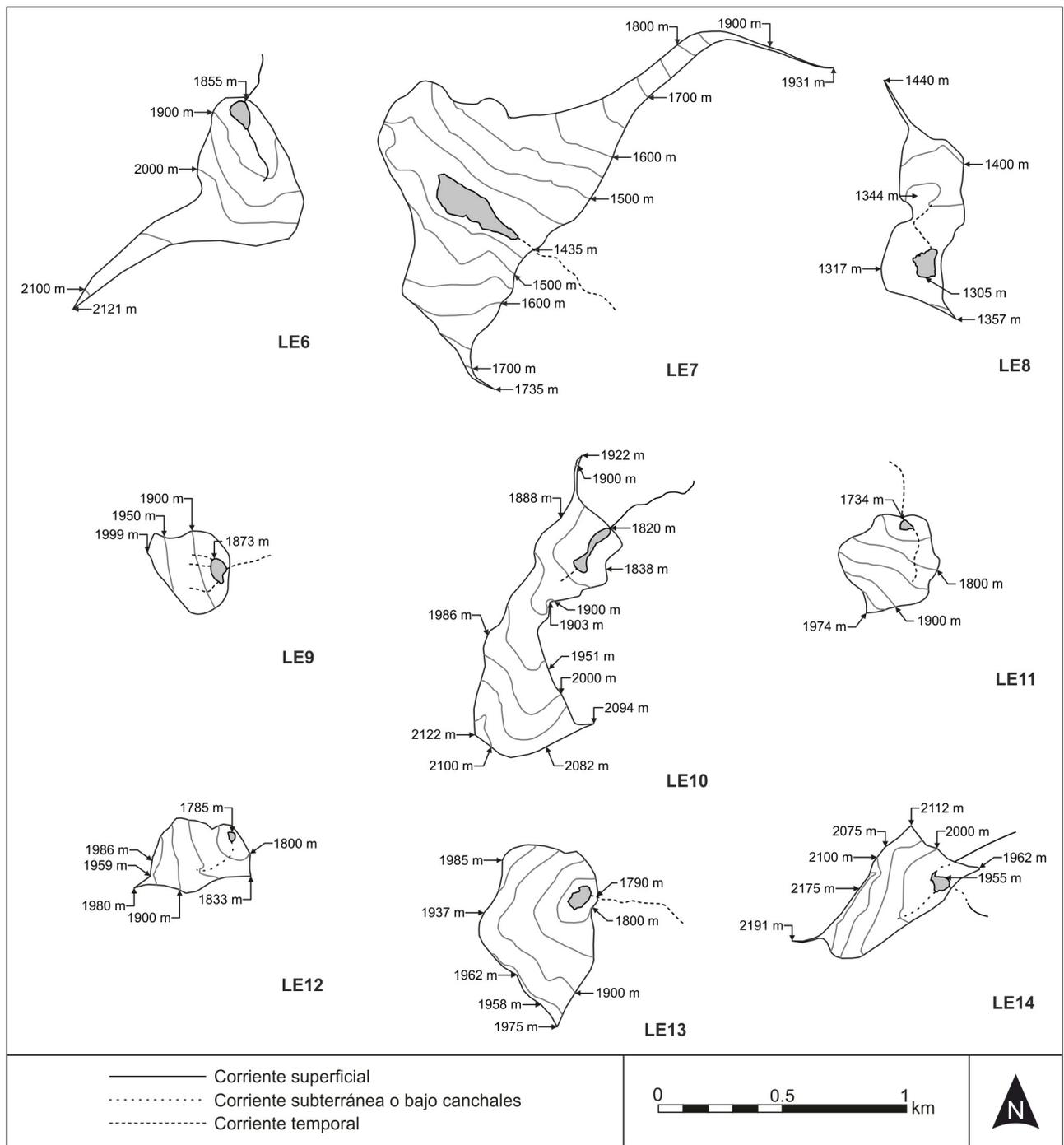


Figura 4: Topografía de las lagunas, definición de sus cuencas vertientes y funcionamiento hidrológico observado: LE6, LE7, LE8, LE9, LE10, LE11, LE12, LE13 y LE14 y definición de sus cuencas vertientes.
 Figure 4: Topography of lagoons and defining their catchments and hydrological performance: LE6, LE7, LE8, LE9, LE10, LE11, LE12, LE13 and LE14.

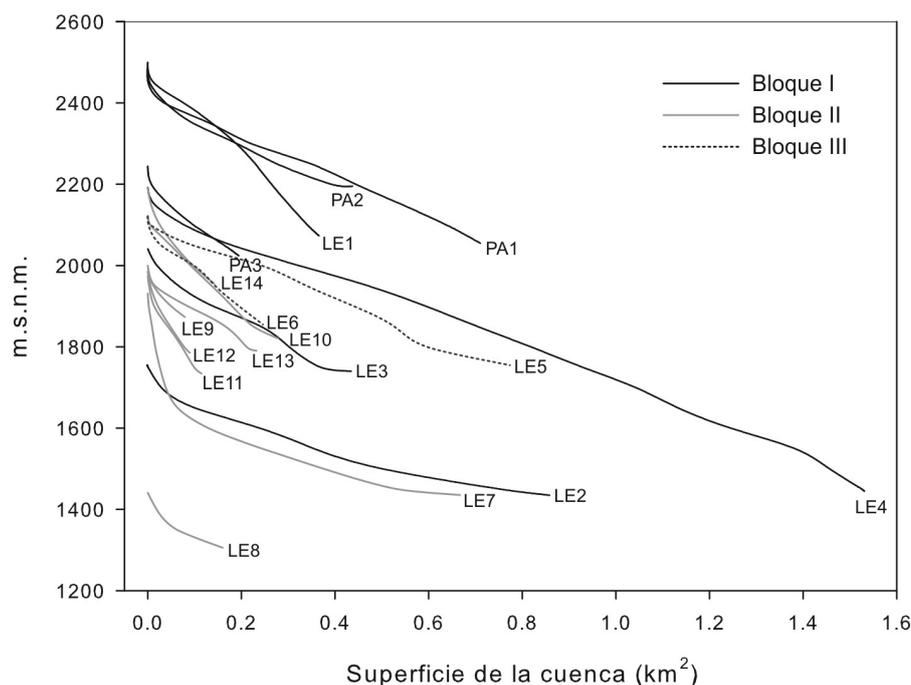


Figura 5: Curvas hipsométricas de las lagunas estudiadas.
 Figure 5: Hypsometric curves of the studied lakes.

Tabla 5: Características físicas de las cuencas de las unidades lagunares estudiadas.
 Table 5: Physical characteristics of basins of the studied lakes.

Código	S_c (m ²)	P_c (m)	Tipología (C_c)		L_c (m)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	I (%)	A_{med} (m)	H_{med} (m)	S_c/V_L
PA1	710456.84	3953.80	1.31	Ovalada	1071.96	2499	2055	53.09	186	2241	5.82
PA2	437220.85	2840.77	1.20	Redonda	1006.58	2499	2195	59.35	96	2291	2.23
PA3	194475.86	1900.27	1.21	Redonda	820.07	2244	2024	67.97	83	2107	24.84
LE1	365849.99	3032.42	1.40	Ovalada	989.84	2499	2073	49.20	215	2288	618.47
LE2	858217.07	3870.07	1.17	Redonda	1139.87	1751	1435	35.99	107	1542	–
LE3	434546.52	2673.28	1.14	Redonda	817.47	2041	1740	56.27	119	1859	1.96
LE4	1526816.98	5268.09	1.19	Redonda	1475.53	2129	1445	81.20	370	1815	3340.52
LE5	773320.75	3644.75	1.16	Redonda	1352.93	2121	1755	38.46	166	1921	4.42
LE6	245865.41	2825.82	1.60	Oblonga	646.83	2121	1855	37.55	115	1970	7.59
LE7	667416.67	5719.49	1.96	Fusiforme	1073.47	1931	1435	44.21	100	1535	10.61
LE8	159936.81	2439.09	1.71	Oblonga	814.61	1440	1305	25.57	46	1351	41.01
LE9	79091.13	1074.52	1.07	Redonda	326.28	1999	1873	35.30	45	1918	36.30
LE10	278187.45	3299.37	1.75	Fusiforme	860.51	2122	1820	44.54	130	1950	–
LE11	114522.31	1306.52	1.08	Redonda	413.36	1974	1734	62.57	93	1827	–
LE12	89782.27	1307.09	1.22	Redonda	486.85	1980	1785	58.11	76	1861	221.55
LE13	232564.20	1944.40	1.13	Redonda	499.65	1985	1790	55.53	89	1879	10.13
LE14	146732.35	1967.35	1.44	Ovalada	686.00	2191	1955	62.50	85	2040	84.63

5. Resumen y conclusiones

El presente trabajo recoge y caracteriza morfológicamente, sin exclusión por tamaños, 17 complejos lagunares (22 lagos y lagunas) distribuidas en las provincias de Palencia y León. Su superficie hace que más del 50% escape de las clasificaciones propuestas por la legislación estatal y europea. No obstante, dada su ubicación, a menudo remota y aislada, prácticamente todas ellas se encuentran bajo el amparo de alguna figura de protección.

El análisis estadístico realizado para las lagunas estudiadas señala una relación significativa entre la profundidad de las masas y su superficie, así como, de la profundidad de la masa y las litologías más resistentes. No obstante se destaca la influencia de las características concretas de su morfogénesis en relación a la morfología de la laguna y su cuenca.

En cuanto a la hidrología, la mayoría presenta un origen epigénico, diverso y complejo, menos evidente en la época estival, cuya conectividad aguas abajo dependerá de la magnitud y duración del hidropereodo.

Las curvas hipsométricas reflejan el carácter de cabecera de las cuencas. Así mismo, a pesar de que los lagos y lagunas estudiados no parecen presentar ninguna relación significativa entre las variables de cuenca y de masa, su complejidad hidrológica y el elevado valor del cociente entre la superficie de las cuencas y el volumen de las masas de agua, para alguna de las unidades, refleja su fragilidad ante actuaciones e impactos en sus cuencas, haciendo necesario que cualquier medida encaminada a proteger estas lagunas tenga que aplicarse al conjunto de su cuenca vertiente.

Agradecimientos

La redacción de este estudio no hubiera sido posible sin el apoyo técnico del equipo del Grupo de Ecohidráulica Aplicada (GEA) de la Universidad de Valladolid (UVa). Así mismo, los autores desean agradecer al área de Ecología de la Universidad de León (ULE), por permitir la participación en el proyecto del Plan Nacional “Bases científicas para la definición del estado ecológico de lagos y lagunas de montañas de la cuenca del Duero”, a la Dra. Felisa Santiago Ibarlucea (UVa) por su asesoramiento y a David Flores Leonor por su participación en los trabajos de campo. Así mismo, a los autores les gustaría agradecer las correcciones de los dos revisores anónimos que sin duda han ayudado a aumentar la calidad de este trabajo.

Referencias

Almodóvar, A. & Elvira, B., 2000. Clasificación y conservación de los lagos de alta montaña de España según su ictiofauna. En: Granados, I. & Toro, M. (eds.). *Conservación de los lagos y humedales de alta montaña de la Península Ibérica*. Servicio de Publicaciones. Universidad Autónoma de Madrid, 201-206 pp., Madrid.

- Ampliación del catálogo de zonas húmedas de Castilla y León (aprobado por el Decreto 125/2001). 2001. Dirección General del Medio Natural. Junta de Castilla y León. Valladolid.
- Arruebo, T., Pardo, A., Rodríguez, C., Lanaja, F.J. & Del Valle, J., 2009. Método específico para la evaluación medioambiental de los lagos de origen glaciar pirenaicos y su aplicación al lago de Sabocos. *Pirineos*, 164: 135-164. <http://dx.doi.org/10.3989/pirineos.2009.v164.33>
- Battarbee, R.W., 2005. Mountain lakes, pristine or polluted? *Limnetica*, 24 (1): 1-8.
- Battarbee, R.W., Thompson, R., Catalan, J., Grytnes, J.A. & Birks, H.J.B., 2002. Climate variability and ecosystem dynamics of remote alpine and arctic lakes: the MOLAR project. *Journal of Paleolimnology*, 28 (1): 1-6. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1020342316326>
- Carrillo, P., Delgado-Molina, J., Medina-Sánchez, J., Bullejos, F. & Villar-Argaiz, M., 2008. Phosphorus inputs unmask negative effects of ultraviolet radiation on algae in a high mountain lake. *Global Change Biology*, 14 (2): 423-439. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01496.x>
- Carrillo, P., Medina-Sánchez, J.M. & Villar-Argaiz, M., 2002. The interaction of phytoplankton and bacteria in a high mountain lake: Importance of the spectral composition of solar radiation. *Limnology and Oceanography*, 47 (5): 1294-1306. <http://dx.doi.org/10.4319/lo.2002.47.5.1294>
- Casamitjana, X., Colomer, J., Roget, E. & Serra, T., 2006. Physical limnology in Lake Banyoles. *Limnetica*, 25 (1-2): 181-188.
- Catalan, J., 1987. *Limnologia de l'estany Redó (Pirineu Central)*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- Catalan, J., Camarero, L., Felip, M., Pla, S., Ventura, M., Buchaca, T., Bartumeus, F., de Mendoza, G., Miró, A. & Casamayor, E.O., 2006. High mountain lakes: extreme habitats and witnesses of environmental changes. *Limnetica*, 25 (1-2): 551-584.
- Catalan, J., Ventura, M., Brancelj, A., Granados, I., Thies, H., Nickus, U., Korhola, A., Lotter, A.F., Barbieri, A. & Stuchlik, E., 2002. Seasonal ecosystem variability in remote mountain lakes: implications for detecting climatic signals in sediment records. *Journal of Paleolimnology*, 28 (1): 25-46. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1020315817235>
- Catalan, J., Ballesteros, E., Camarero, L., Felip, M. & Gacia, E., 1992. Limnology in the Pyrenean lakes. *Limnetica*, 8: 27-38.
- Catálogo de zonas húmedas de Castilla y León (aprobado por el Decreto 194/1994). 1993. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Castilla y León. Valladolid.
- Comisión Europea, 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Cruz-Pizarro, L., Reche, I. & Carrillo, P., 1994. Plankton dynamics in a high mountain lake (Las Yeguas, Sierra Nevada, Spain). Indirect evidence of ciliates as food source for zooplankton. *Hydrobiologia*, 274 (1): 29-35. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00014624>
- Fernández, P., García, J., Pérez, M.E., Pascual, M.L., Hidalgo, J., Rodríguez, A. & Montes, C., 2000. La protección y conservación de los lagos y lagunas de alta montaña en la España peninsular. En: Granados, I. & Toro, M. (eds.). *Conservación de los lagos y humedales de alta montaña de la Península Ibérica*. Servicio de Publicaciones. Universidad Autónoma de Madrid, 33-50 pp., Madrid.
- Frochoso Sánchez, M. & Castañón Álvarez, J.C., 1997. El relieve glaciar de la Cordillera Cantábrica. En: Gómez Ortiz, A. & Pérez Alberti, A. (eds.). *Las huellas glaciares de las montañas españolas*. Universidad de Santiago de Compostela, 65-137, Santiago de Compostela.

- Fuentes-Pérez, J.F., 2009. *Caracterización hidrogeomorfológica de lagos y lagunas de alta montaña en las provincias de Palencia y León (Castilla y León)*. ETSIIAA Palencia, Universidad de Valladolid (UVA).
- Gallastegui, G., Heredia, N., Rodríguez Fernández, L. & Cuesta, A., 1990. El stock de Peña Prieta en el contexto del magmatismo de la Unidad del Pisuerga-Carrión (Zona Cantábrica, N de España). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 15: 203-215.
- García-Jurado, F., Guerrero, F., Galotti, A., Parra, G., Cruz-Pizarro, L., de Vicente, I., Rueda, F., Amores, V., Lucena, J., Rodríguez, V., León, P., Moreno-Ostos, B.B., Blanco, J.M., Zabala, L., Gilbert, J.D. & Jiménez-Gómez, F., 2007. El Plancton de las lagunas de Sierra Nevada: necesidad de estudios transdisciplinarios. *M+A, revista electrónica de medioambiente*, 4 (4): 1-10.
- Håkanson, L., 2005. The importance of lake morphometry and catchment characteristics in limnology—ranking based on statistical analyses. *Hydrobiologia*, 541 (1): 117-137. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-004-5032-7>
- Huerga Rodríguez, A. (dir.), 1981. Mapa Geológico de España 1: 50.000, Hoja nº 100 y memoria explicativa. Instituto Geológico y Minero de España. Servicios de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- Leira, M., Bao, R. & Vidal-Romani, J.R., 1997. Evolución postglaciar de la laguna de Villaseca (NW de la Península Ibérica) a partir del análisis de diatomeas. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 22: 81-97.
- Martínez de Azagra, A. & Navarro, J., 1996. *Hidrología forestal: el ciclo hidrológico*, Servicios de Publicaciones de la Universidad de Valladolid, 286 pp., Valladolid.
- Montes, C., 1995. *Inventario y clasificación de lagos y humedales españoles. Tipificación y clasificación de humedales: bases para la elaboración de modelos de actuación y gestión prioritarios*, DGOH-SEPOH-MOPTMA, Madrid.
- Morales-Baquero, R., Carrillo, P., Cruz-Pizarro, L. & Sánchez-Castillo, P., 1992. Southernmost high mountain lakes in Europe (Sierra Nevada) as reference sites for pollution and climate change monitoring. *Limnetica*, 8: 39-47.
- Ordoñez, O.F., Flores, M.R., Dib, J.R., Paz, A. & Fariás, M.E., 2009. Extremophile culture collection from Andean lakes: extreme pristine environments that host a wide diversity of microorganisms with tolerance to UV radiation. *Microbial Ecology*, 58 (3): 461-473. <http://dx.doi.org/10.1007/s00248-009-9527-7>
- Pardo, L., 1948. *Catálogo de los lagos de España*, Ministerio de Agricultura.
- Pascual, M.L., Rodríguez, A., Hidalgo, J., Borja, F., Díaz, F. & Montes, C., 2000. Distribución y caracterización morfológica y morfométrica de los lagos y lagunas de alta montaña de la España peninsular. En: Granados, I. & Toro, M. (eds.). *Conservación de los lagos y humedales de alta montaña de la Península Ibérica*. Servicio de Publicaciones. Universidad Autónoma de Madrid, 51-78, Madrid.
- Pellitero Ondicol, R., 2012. *Geomorfología, paleoambiente cuaternario y geodiversidad en el macizo de Fuentes Carrionas – Montaña Palentina*. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
- Plan hidrológico de la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero. Anejo 3: zonas protegidas. 2012. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid-Valladolid.
- Rodríguez Fernández, L. R. (dir.), 1998. Mapa Geológico de España 1: 50.000, Hoja nº 102 y memoria explicativa. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Servicios de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- Rodríguez Fernández, L. R. (dir.), 1990a. Mapa Geológico de España 1: 50.000, Hoja nº 79 y memoria explicativa. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Servicios de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- Rodríguez Fernández, L. R. (dir.), 1990b. Mapa Geológico de España 1: 50.000, Hoja nº 80 y memoria explicativa. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Servicios de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- Rodríguez Fernández, L. R. (dir.), 1985. Mapa Geológico de España 1: 50.000, Hoja nº 106 y memoria explicativa. Instituto Geológico y Minero de España. Servicios de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- Rodríguez Fernández, L. R. (dir.), 1982a. Mapa Geológico de España 1: 50.000, Hoja nº 101 y memoria explicativa. Instituto Geológico y Minero de España. Servicios de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- Rodríguez Fernández, L. R. (dir.), 1982b. Mapa Geológico de España 1: 50.000, Hoja nº 230 y memoria explicativa. Instituto Geológico y Minero de España. Servicios de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- Rodríguez Fernández, L. R. (dir.), 1982c. Mapa Geológico de España 1: 50.000, Hoja nº 77 y memoria explicativa. Instituto Geológico y Minero de España. Servicios de publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- Rodríguez Pérez, C., 1995. Estudio geomorfológico del Puerto de San Isidro. *Eria*, 36: 63-87.
- Santos González, J., 2012. *Glaciarismo y periglaciarismo en el Alto Sil, provincia de León (Cordillera Cantábrica)*, Universidad de León, León.
- Santos González, J. & Fernández Martínez, E., 2011. Guía de campo: patrimonio geológico en las reservas de la biosfera del Valle de Laciana y de Babia (León). En: Fernández-Martínez, E. & Castaño de Luis, R. (eds.). *Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España)*. Universidad de León.
- Skjelkvåle, B.L. & Wright, R.F., 1998. Mountain lakes; sensitivity to acid deposition and global climate change. *Ambio*, 27 (4): 280-286.
- Toro, M., Granados, I., Robles, S. & Montes, C., 2006. High mountain lakes of the Central Range (Iberian Peninsula): Regional limnology and environmental changes. *Limnetica*, 25 (1-2): 217-252.
- Toro, M. & Granados, I., 2002. Restoration of a small high mountain lake after recent tourist impact: the importance of limnological monitoring and paleolimnology. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, 2 (2): 295-310. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1020127313830>
- Vega, J.C., De Hoyos, C., Aldasoro, J.J., De Miguel, J. & Fraile, H., 2005. Nuevos datos morfométricos para el Lago de Sannabria. *Limnetica*, 24 (1-2): 115-122.

ANEXO I

Masa de agua:		
Fecha:		Región (DMA): Ibero macaronesica.
Provincia:		Cuenca:
T.M.:		Altitud (m.s.n.m.):
Coordenadas UTM:		X:
Huso:	Zona:	Y:

• **Red natura 2000:**

- Zepa Lic Zepa y Lic

• **Caracterización del tipo genérico de la masa de agua:**

- Laguna:** Pequeña extensión < 1 ha y baja profundidad (< 2 m), o una de las dos.
 Lago: Extensión grande > 1 ha y alta profundidad (> 2 m), o una de las dos.

• **Origen hidrogeomorfológico:**

- Glaciar Periglaciar Gravitacional Fluvial
 Eólico Costero Disolución Tectónico
 Volcánico Meteorítico Biogénico Antrópico

• **Origen hidrológico:**

- Epigénico Hipogénico Mixto

• **Si epigénico, aportaciones:**

• **Perímetro (m):**

• **Superficie (ha):**

- < 1 ha 1 - 10 ha 10 - 50 ha 50 - 100 ha
 100 - 1000 ha 1000 - 10.000 ha > 10.000 ha

Observaciones:

ANEXO I (cont.)

• **Clasificación de Superficies (DMA) (km²):**

- < 0,5 km²
 0,5 - 1 km²
 0,5 - 1 km²
 10 - 100 km²
 > 100 km²

• **Tipología en función de la altitud (DMA):**

- alto: > 800 m
 altura media: 200 a 800 m
 tierras bajas: < 200 m

• **Profundidad media (m):**

- < 1 m
 1 - 3 m
 3 - 5 m
 5 - 10 m
 10 - 15 m
 > 15 m

• **Profundidad máxima (m):**

• **Tipología según la profundidad media (DMA) (m):**

- < 3m
 3 m a 15 m
 > 15 m

• **Forma:**

- Redonda 
 Ovalada 
 Oblonga 
 Arriñonada 
 Alargada 
 Palmeada 
 Lobulada 
 Media luna 
 Triangular 

Observaciones:

• **Estacionalidad:**

- Permanente
 Estacional

• **Si estacional, tiempo de permanencia:**

• **Conectividad:**

- Exorreica
 Endorreica
 Endorreica parcial
 Natural
 Forzada (drenaje artificial)

ANEXO I (cont.)

• **Si exorreica:**

Corriente que origina:

- Arroyuelo (anchura < 0,5 m y pendiente < 2%) Permanente Estacional
- Arroyo (anchura = 0,5 - 5 m y pendiente < 2%) Permanente Estacional
- Río (anchura > 5 m y pendiente < 2%; en general permanente)
- Torrente (pendiente > 2%) Permanente Estacional
- Otros lagos o lagunas
- Praderas húmedas
- Canales artificiales

• **Naturaleza del lecho** (si mixto estimar proporción):

- Limos (< 0,75 mm) Arenas (0,75 - 2 mm) Gravas (2 - 75 mm)
- Cantos (75 - 200 mm) Bloques (200 - 500 mm) Roca madre
- Bloques grandes y bolos (> 500 mm)

• **Naturaleza de las laderas circundantes:**

- Rocas duras (granitos, gneis, calizas, dolomías,...)
- Rocas blandas (Pizarras meteorizadas, margas, arcillas,...)
- Rocas y bolos
- Bolos y cantos (canchales)
- Cantos y gravas
- Suelos (cultivos, pastos, bosques,...)

• **Estructura de la zona y observaciones:**

• **Geología (DMA):**

- Calcáreo Silíceo Orgánico

ANEXO I (cont.)

• **Erosión en las laderas circundantes:**

Movimientos en masa:

Rápidos:

- Desprendimientos Deslizamientos Coladas de barro

Lentos:

- Solifluxión Reptación

Erosión superficial:

- Laminar Regueros Cárcavas

• **Pendiente media de las laderas adyacentes:**

- 0-10% 10-30% 30-60% 60-100%
 > 100%

• **Transparencia del agua:** (profundidad del disco de Secchi)

- < 25 cm 25 - 50 cm 50 - 100 cm 1 m - 1,50 m
 1,5 m - 2 m 2 m - 3 m 3 m - 5 m > 5 m

• **Alteraciones de forma:**



Perforación



Incisión



Rotura

Observaciones:

• **Calidad hidromorfológica (DMA):**

- Muy buen estado
 Buen estado
 Estado aceptable
 Mal estado

ANEXO I (cont.)

• **Presión antropogénica:**

- Instalaciones y actividades urbanas
- Industrial
- Agrícola
- Otras:

• **Evaluación de presiones (impactos):**

- Crítico
- Severo
- Moderado
- Compatible
- Positivo

Observaciones: