

LOS IBONES ARAGONESES: SÍNTESIS DE SU ORIGEN, CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES Y EFECTOS DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA

Pardo, A.^{1,2,3}, Arruebo, T.^{3,4}, Santolaria, Z.^{2,5}, Lanaja, J.^{2,5}, Urieta, J.S.², Rodríguez-Casals, C.^{3,6}, Matesanz, J. M.⁶, Betrán, J.¹

¹ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Escuela Politécnica Superior de Huesca, Universidad de Zaragoza; ² Grupo de Termodinámica Aplicada y Superficies (GATHERS), Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Universidad de Zaragoza; ³ Fundación Boreas; ⁴ Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Zaragoza; ⁵ Laboratorio de Calidad de Aguas y Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería Técnica Industrial, Universidad de Zaragoza; ⁶ Departamento de Didáctica de la Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Zaragoza. Contacto: pardo@unizar.es

Abstract

Late Pleistocene glacier pulses originated most mountain lakes in the Pyrenees. Glaciostatic pressure of the ice masses on the bedrock, combined with glacial plucking of rock fragments yielded hollows in the bottom of the cirques. Later on, during the glacier retreat some of those hollows were filled with melt water becoming glacial tarns.

Today, due to their high altitude and extreme environmental conditions, most glacial tarns waterfalls have thin soils and scarce vegetation, and their water masses harbor oligotrophic ecosystems. Their remoteness and isolation protect them from severe human activities and impacts. Thus, many of these lakes still keep a near to pristine environment. Therefore, and due to their good conservation characteristics and high sensibility, tarns are excellent ecosystems to study the environmental responses and adaptations to external changes.

Key-words: tarn, ibón, Pyrenees, glaciation, Aragón, water chemistry, ecology, anthropic impact.

El origen de los ibones pirenaicos

Las glaciaciones son el fenómeno climático más significativo del Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno). Durante el Pleistoceno se han producido cuatro glaciaciones principales -denominadas en Europa Günz, Mindel, Riss y Würm - separadas por otros tantos períodos interglaciares (Ehlers y Gibbard, 2004). La diferencia de la temperatura media entre un periodo glacial y uno interglacial es de unos 4 °C a 7 °C, suficiente para que los glaciares avancen o retrocedan latitudinalmente varios cientos de kilómetros. Estas fluctuaciones en la masa de hielos continentales afectan al nivel del mar, que puede subir o bajar varias decenas de metros, a los caudales de los ríos, la distribución de las lluvias y, en general, a todo el ciclo climático.

La génesis de los ibones es resultado de la dinámica del hielo durante las glaciaciones. En los periodos de máxima extensión glacial, el movimiento gravitatorio de la masa de hielo ejerce una presión glacioestática vertical en el suelo de los circos de montaña donde se acumula la nieve y el hielo, produciendo la fragmentación del sustrato rocoso. Este proceso de fracturación del lecho es más acusado en aquellos lugares donde se produce una disminución abrupta de la pendiente. Una vez fragmentada la roca, la lengua glacial produce un proceso erosivo de arranque de material denominado *plucking* por el que se excava el fondo dando lugar a una cubeta (Pedraza, 1996; López Moreno, 2000; Fig. 1).



Figura 1

En la posterior etapa interglacial el retroceso de las lenguas y mantos produce la fusión y la inundación de las distintas cubetas que han quedado libres de hielo (Holmes y Holmes, 1987). De este modo, la acción conjunta de ambos factores justificaría la presencia de estos sistemas lacustres durante estas etapas interglaciares (Figura 2).

Estado trófico y comunidades bióticas de los ibones

Los ibones pirenaicos suelen comportarse y se catalogan como sistemas lacustres oligotróficos (cf., Battarbee, 2005; CHE, 2008), si bien con excepciones debido a su elevada antropización (cf., Arruebo *et al.*, 2009).

Sus características geográficas, bajas temperaturas, escasos nutrientes y elevado nivel de radiación UV hacen que los ibones presenten redes tróficas sencillas (Fig. 3), sean difícilmente colonizados por nuevos organismos y que sus habitantes sean especialistas intensamente adaptados a estos ambientes (Catalán *et al.*, 2006). En este sentido tienen una dinámica ecológica similar a la de las islas oceánicas.

La zona fótica de la columna de agua es el territorio de una de las principales comunidades biológicas de estos sistemas, el plancton. El fitoplancton y los macrofitos son los principales productores primarios de estos sistemas.

El lecho del ibón está colonizado por organismos epibentónicos -que viven sobre su superficie- y endobentónicos -enterrados-. Muchos de estos organismos son sensibles a las perturbaciones del ecosistema por lo que son empleados como bioindicadores (CHE, 2005).

En los niveles tróficos superiores, destacan los anfibios como organismos autóctonos (cf., Arruebo *et al.*, 2008, Fig. 4), y la ictiofauna que se considera introducida en la mayoría de los ibones (Buchaca y Catalan, 2008, Fig. 5).

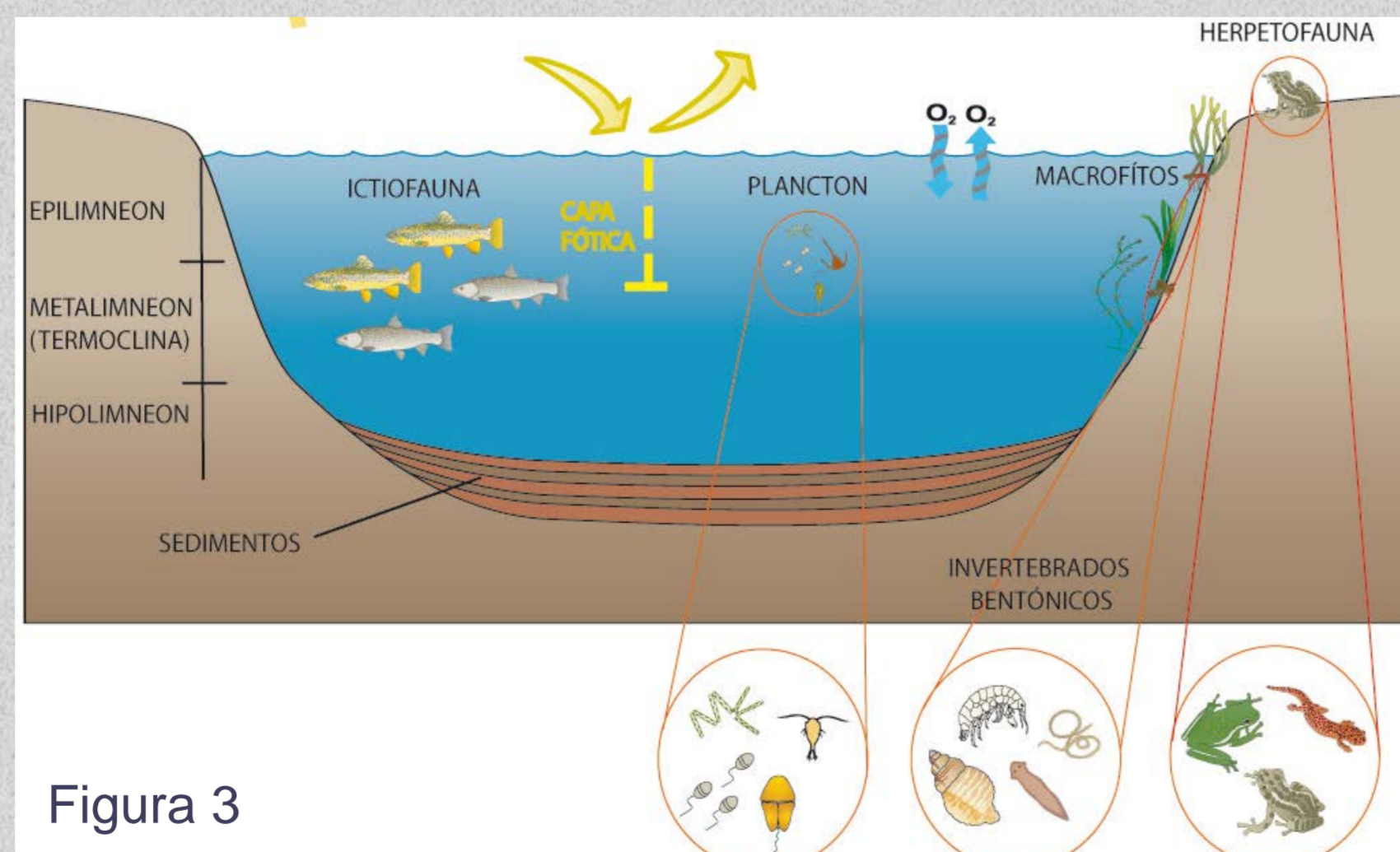


Figura 3



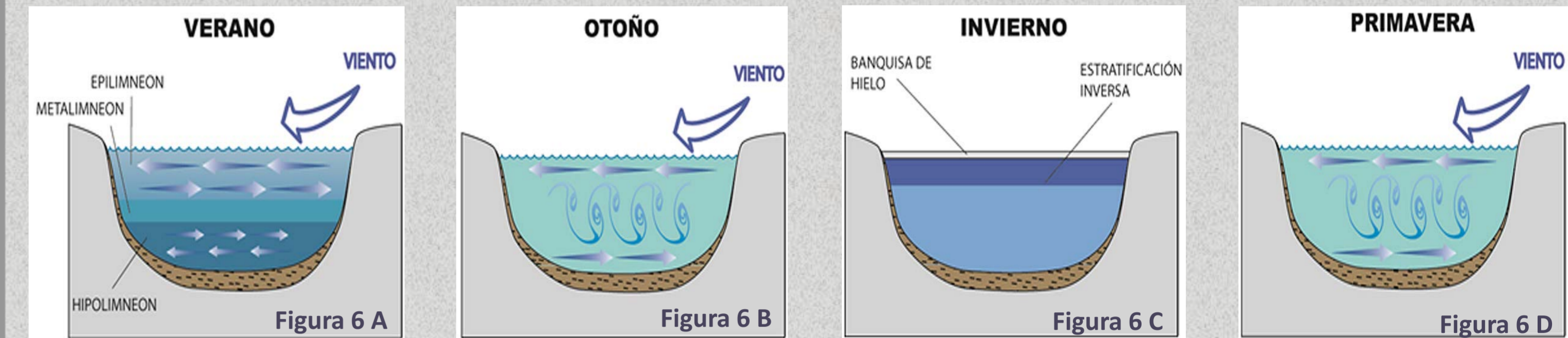
Figura 5



Figura 4

Estratificación y dinámica térmica

Los ibones son lagos dimicticos (CHE, 2006), caracterizados por presentar estratificación en la columna de agua durante dos periodos del año, invierno y verano (Figs. 6A y C). El resultado es una capa superficial de agua, denominada epilimnion, menos densa que el resto del lago, y un gradiente térmico que penetra hacia el interior hasta alcanzar la termoclina, punto de inflexión del perfil de temperaturas que marca la zona de transición denominada metalimnion. Por debajo de la termoclina se sitúa el hipolimnion con el agua más densa (Smith y Smith, 2001; Boehrer y Schultze, 2008; Fig. 2 A).



En otoño (Fig. 6B) y primavera (Fig. 6D) el epilimnion se enfría o calienta respectivamente hasta una temperatura similar a la del hipolimnion con lo que su densidad aumenta y tiende a hundirse. El resultado es que la estratificación del lago desaparece y se produce la mezcla de agua en toda la cubeta.

La banquisa

Si hay algo que caracteriza a los ibones es la presencia de una banquisa durante el periodo invernal, que en muchas ocasiones llega a aislar completamente la masa del agua del lago del entorno subaéreo de su cuenca. La banquisa se forma cuando el agua de la superficie alcanza 0 °C. La evolución de la banquisa vendrá determinada por la meteorología invernal. En ausencia de nevadas, y si las temperaturas inferiores 0 °C se mantienen, la pérdida de calor del lago hará que el grosor del hielo vaya aumentando gradualmente, formando por congelación del agua del ibón una única capa continuada de hielo compacto y un aspecto vítreo característico denominado *black ice* (hielo negro; American Meteorological Society., 2012; Fig. 7).



Figura 7



Figura 8

El proceso de fusión de la banquisa se inicia en las orillas del ibón y avanza hacia la parte central y desde la superficie hacia el fondo en el denominado *rotten ice* (hielo podrido; American Meteorological Society., 2012; Fig. 8).

El impacto del ser humano en los ibones del Pirineo

La relación del hombre con los ibones se remonta al inicio de los asentamientos humanos en la montaña. Históricamente, las principales afecciones que han sufrido los ibones han sido causadas por la actividad ganadera, el repesamiento para un aprovechamiento hidroeléctrico o como reserva de agua, la introducción de fauna alóctona, las estaciones de esquí, o el incremento incontrolado de las visitas y actividades turísticas y deportivas.

Los impactos resultantes de estas actividades se pueden resumir: alteración de las características físico-químicas y eutrofia de las aguas, fluctuaciones del litoral y afecciones al bentos, compactación y erosión de las riberas, afecciones sobre las comunidades de macroinvertebrados, reducción de las poblaciones de anfibios, aumento de la carga de desperdicios en sus riberas o en el lecho de los lagos (cf., Rodríguez *et al.*, 2009; Fig. 9).

Sin embargo, en la última década se ha producido un valoración social de los ibones como entornos naturales y turístico-deportivos de calidad. Diferentes colectivos ciudadanos, empresas e instituciones, han tratado de reducir los impactos, corregir las malas prácticas y revertir algunas de las alteraciones en el pasado (Pardo *et al.*, 2010). Entre las diversas acciones, destacan jornadas de limpieza subacuática y subaérea (Fig. 9), estudios técnicos y manuales de buenas prácticas, organización de jornadas de discusión y debate o la impartición de cursos especializados sobre ibones.

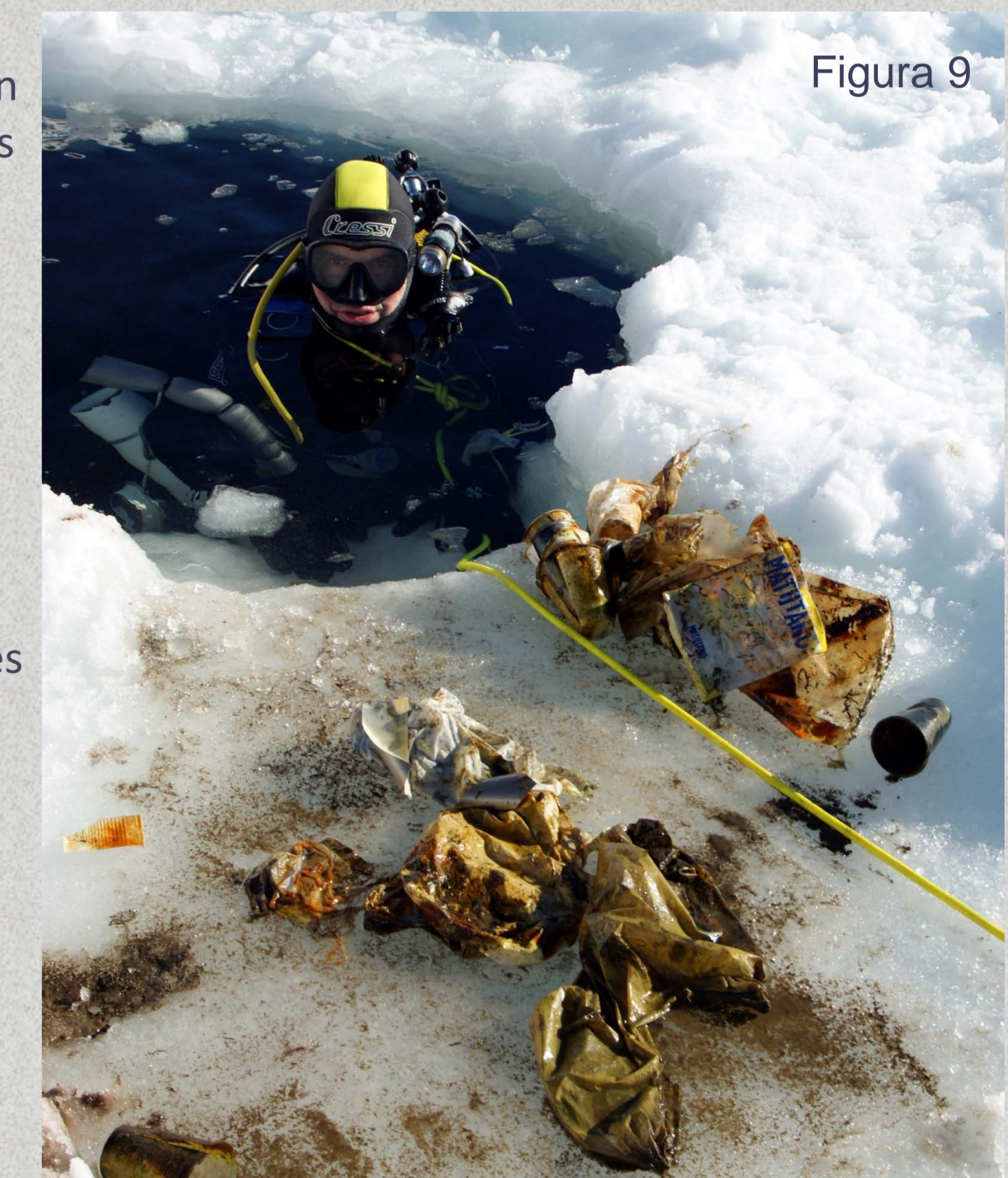


Figura 9

Bibliografía

- American Meteorological Society, 2012. *Meteorology Glossary*. Accesible: <http://glossary.ametsoc.org/?s=b&p=28> [Acceso: 16/10/2013]
- Arruebo, T., Arruebo, F. T., Pardo, A., Del Valle, J., Rodríguez, C., Santolaria, Z., y Lanaja, J. J., 2008. Valoración ambiental de los lagos del Pirineo Aragonés en función de criterios ecológicos, botánicos y herpetofaunísticos: áreas prioritarias para la conservación. En: Congreso Nacional de Medio Ambiente (ed.) El reto es actuar. CONAMA 9: comunicaciones técnicas, Fundación CONAMA, Madrid, CD-ROM, pp. 1-24.
- Arruebo, T., Pardo, A., Rodríguez, C., Lanaja, J., y Del Valle, J., 2009. Método específico para la evaluación medioambiental de los lagos de origen glaciar pirenaicos y su aplicación al lago de Sabacos. *Pirineos*, 164, pp. 135-164.
- Battarbee, R., 2005. Mountain lakes, pristine or polluted? *Limnology*, 24(1-2), pp. 1-8.
- Boehrer, B. y Schultze, M., 2008. Stratification of lakes. *Reviews of Geophysics*, pp. 46, 27.
- Buchaca, T. y Catalan, J., 2008. On the contribution of phytoplankton and benthic biofilms to the sediment record of marker pigments in high mountain lakes. *Journal of Paleolimnology*, 40, pp. 369-383.
- Catalán, J., Camarero, L., Felip, M., Pla, S., Ventura, M., Buchaca, T., Bartrons, M., De Mendoza, G., Miró, A., Casamayor, E., Medina-Sánchez, J., Baccardit, M., Bartrons, M. y Díaz, D., 2006. High mountain lakes: extreme habitats and witnesses of environmental changes. *Limnology*, 25(1-2), pp. 551-584.
- CHE 2005. *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua, Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza, 59 p.
- CHE 2006. *Lagos y humedales. Establecimiento de condiciones de referencia y redifinición de redes en la cuenca del Ebro*, según la Directiva 2000/60/CE. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza, 66 p.
- Ehlers, J., y P. L. Gibbard, (ed.) 2004. *Quaternary Glaciations: Extent and Chronology 1: Europe*. Elsevier, Amsterdam, 488 p.
- Holmes, A. y Holmes, D.C., 1987. *Geología física*, Omega, Barcelona, 812 p.
- López Moreno, J. I., 2000. *Los glaciares del alto valle del Gállego (Pirineo central) desde la Pequeña Edad de Hielo. Implicaciones en la evolución de la temperatura*. Geoforma Ediciones, Logroño, 77 p.
- Pardo, A., Rodríguez, C., Arruebo, T., y Del Valle, J., (2010). Acciones de protección y sensibilización medioambiental en los ibones del Pirineo Aragonés en la década 1999-2010: Descripción, análisis y consecuencias. *Actas 10 Congreso Nacional del Medio Ambiente*, Fundación CONAMA, Madrid, 25 p.
- Pedraza, J., 1996. *Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones*. Editorial Rueda, Madrid, 414 p.
- Rodríguez, C., Arruebo, T., y Pardo, A., (2009). Modelo de gestión para espacios naturales de alto interés ecológico: lagos de alta montaña (ibones). Consejo de la Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza, 288 p.
- Smith, R. y Smith, T., 2001. *Ecología*. Pearson Educación, Madrid, 664 p.