



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Valoración ambiental de los lagos del Pirineo Aragonés en función de criterios ecológicos, botánicos y herpetológicos: áreas prioritarias para la conservación

Autor: Tomás Arruebo Muñío

Institución: Universidad de Zaragoza, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio

E-mail: tarruebo@gmail.com

Otros autores: Francisco Tomás Arruebo Aguilar, Alfonso Pardo Juez, Javier Del Valle Melendo, Carlos Rodríguez Casals, Zoe Santolaria Baringo y Javier Lanaja del Busto



RESUMEN:

Debido a sus particulares condiciones climáticas y geográficas, los lagos de alta montaña son complejos ecosistemas con un alto valor para la conservación. Por ello, el objetivo de este estudio es seleccionar, del total de lagos del Pirineo Aragonés, aquellas Áreas Prioritarias para la Conservación (APC) de estos sistemas lacustres a partir de la valoración de criterios ecológicos y bióticos. Los criterios ecológicos valorados han sido la representatividad, la dinámica natural y el estado de conservación. Los taxones estudiados han incluido a macrófitos y herpetofauna. Finalmente, se pretende evaluar el grado de protección al que actualmente están sometidas estas zonas. Los resultados nos han permitido seleccionar trece lagos como APC, que constituyen el 6,6% del total de lagos presentes en el Pirineo Aragonés, e incluyen el 77,8% y el 83,3% de la diversidad florística y herpetológica respectivamente. Además se observa que un 61,2% de estas APC se encuentran actualmente fuera de cualquier Espacio Natural Protegido.



1. INTRODUCCIÓN

Proteger un determinado territorio y su gestión como Espacio Natural Protegido (ENP) exige unos altos costes tanto económicos como humanos (*cf.*, Myers, *et al.*, 2000; Europarc – España, 2008). Así, optimizar la inversión necesaria exige establecer prioridades mediante la identificación de aquellas áreas con una importancia ecológica relevante y que presentan, por tanto, interés para la conservación (*cf.*, Ceballos *et al.*, 2005; Razola *et al.*, 2006; Araujo *et al.*, 2007).

A pesar de su utilidad, se ha avanzado poco en el desarrollo de metodologías normalizadas, por lo que faltan criterios estandarizados para la asignación de estas áreas (Europarc-España, 2005). Existe, por tanto, una disparidad de opiniones para valorar la importancia ecológica de un ecosistema (Cirujano *et al.*, 1992; Eurosite, 1996; Bowers y Boutin, 2008).

Sin bien no existe un consenso, casi todos los métodos hacen mención a la diversidad biológica. Sin embargo, en ocasiones se ha observado una escasa congruencia de los resultados obtenidos al aplicar distintos criterios para la caracterización de la diversidad, tales como riqueza de especies, rareza o vulnerabilidad (*cf.*, Orme *et al.*, 2005). De hecho, distintos autores señalan que valorar un único criterio para determinar estas áreas relevantes de diversidad podría resultar insuficiente, por lo que serían necesarios múltiples indicadores (Orme *et al.*, 2005; Forest *et al.*, 2007). En este sentido, Rey Benayas y de la Montaña (2003) y Rey Benayas *et al.*, (2006) diseñaron un índice combinado para evaluar áreas con un alto valor de diversidad basado en la riqueza de especies, su rareza y vulnerabilidad, demostrando una mayor eficiencia al emplear dicho índice combinado que al considerar los distintos criterios independientemente.

Indistintamente de los criterios utilizados para caracterizar la diversidad, se ha generalizado el concepto de *hotspot* referido a áreas que poseen altas concentraciones de ésta, bien sea expresada en términos de riqueza de especies, grado de amenaza, rareza o endemismos, o combinaciones de éstos (*cf.*, Myers *et al.*, 2000; Orme *et al.*, 2005; Rey Benayas y De la Montaña, 2003; Rey Benayas *et al.*, 2006). Y más recientemente, se han comenzado a realizar estas aproximaciones a la definición de áreas relevantes de diversidad a partir del uso de nuevos algoritmos matemáticos de complementariedad y máxima cobertura, técnicas que permiten optimizar los resultados obtenidos maximizando el número de taxones representados en un determinado número de áreas (*cf.*, Lobo y Araujo, 2003; Araujo *et al.*, 2007).

Sin embargo, para la correcta estimación de la diversidad se requiere la consideración de otros criterios, además de la riqueza de especies, rareza, vulnerabilidad o endemismos, como son los taxonómicos (*cf.*, Forest, *et al.*, 2007; De la Cruz *et al.*, 2000). Es decir, se debe considerar que especies taxonómicamente aisladas poseen un valor más alto desde el punto de vista de la conservación (*cf.*, Vane-Wright *et al.*, 1991) y que una selección de especies dentro de un amplio rango taxonómico recoge más diversidad que otra de especies emparentadas (IUCN, 1980).

Por otro lado, la conservación no se puede limitar a la diversidad, sino que ha de considerar el conjunto del ecosistemas del cual forma parte (*cf.*, Grumbine, 1994; Ros 1995; Primack y Ros, 2002). Así, junto con estos criterios relacionados con la diversidad,



se ha de evaluar la importancia del ecosistema a través de criterios ecológicos, tales como su naturalidad, estado de conservación, representatividad o las posibilidades de recuperación (cf., Roblas y García Avilés, 1999; Cirujano y Medina, 2002).

No obstante, la identificación de estas áreas, independientemente de las metodologías empleadas y los criterios utilizados, tiene una clara aplicación en el campo de la conservación, aportando una ayuda imprescindible para el posterior proceso de toma de decisiones (cf., Williams *et al.*, 2002; Matsuda *et al.*, 2003; Rey Benayas y De la Montaña, 2003; Rey Benayas *et al.*, 2006).

El objetivo de este estudio es definir, dentro del total de lagos de origen glaciar del Pirineo Aragonés de los que se dispone información, aquellas áreas con una mayor importancia ecológica y, por tanto, prioritarias para su conservación. Para su valoración se han utilizado los distintos criterios destacados en la bibliografía y disponibles en las bases de datos existentes, incluyendo tanto criterios taxonómicos como ecológicos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS:

2.1. Área de estudio

La Comunidad Autónoma de Aragón cubre un total de 47.719,2 km² ubicados al noreste del territorio español (DGA, 2008). Su orografía, distribuida a partir del valle del Ebro como eje central, queda delimitada principalmente por dos formaciones montañosas, el Sistema Ibérico al sur y el Pirineo al norte. Esta última cordillera constituye la línea divisoria geográfica natural entre Francia y España, y es en la parte aragonesa donde se alcanzan las cotas más elevadas de todo el sistema pirenaico, destacando los picos del Aneto (3.404 m), Posets (3.371 m) o Monte Perdido (3.355 m; GEA, 2008).

Entre los diferentes ecosistemas acuáticos que existen en Aragón, los lagos de origen glaciar pirenaicos son especialmente frágiles y singulares. Su génesis, hace unos 10.000 años, está directamente ligada a la dinámica glaciar del Pleistoceno (cf., Pascual *et al.*, 2000). Durante los periodos de mayor extensión glaciar, la presión glacioestática ejercida por las grandes masas de hielo sobre el terreno por el que discurrían, especialmente en las zonas en que se produce una disminución brusca de la pendiente, produjeron depresiones denominadas cubetas de sobreexcavación glaciar. Con el retroceso de las masas de hielo, estas cubetas receptoras de aguas procedentes del deshielo de glaciares y neveros superiores, se transforman en áreas lacustres que en Aragón se denominan *ibones*.

Existen un total de 197 ibones inventariados en Aragón, distribuidos mayoritariamente en tres grandes zonas: los macizos de Panticosa, Posets y Maladeta, (cf., Del Valle y Rodríguez, 2004). Debido a su localización geográfica –normalmente por encima de los 1700 m (Del Valle y Rodríguez, 2004)- en ellos se dan unas condiciones ambientales extremas y particulares. Esto influye fuertemente en su biocenosis y favorece la presencia de distintos endemismos de alto valor para la ciencia, como el tritón pirenaico (*Euproctus asper* Dugès, 1852) o la lagartija pirenaica (*Iberolacerta bonnali* Lantz, 1927). Además, como consecuencia de su alto grado de aislamiento, puede considerarse cada ibón como un ecosistema único donde es posible observar las diferentes relaciones entre las diversas poblaciones de organismos, sus respuestas a los



cambios medioambientales, así como la influencia que la actividad humana ejerce sobre los mismos (*cf.*, Margalef, 1983).

Los ibones aragoneses presentan igualmente un indudable interés tanto desde la perspectiva económica (*e.g.*, turística e hidroeléctrica), como humana o científica. Desde ésta última, es importante señalar que atesoran una gran información sobre la evolución climática más reciente, como lo demuestran los diversos estudios paleoclimáticos realizados en estos ambientes pirenaicos (*cf.*, Chueca *et al.*, 1998). También cabe destacar su papel en la predicción de cambios en los patrones climáticos globales (Gurung, 2005). Sus pequeñas dimensiones y simple estructura, con su particular biocenosis, los convierte en unos sistemas ideales para el control de cambios globales a largo plazo (*cf.*, Oertli, *et al.*, 2008).

Si el valor de los ibones resulta incuestionable para diversas disciplinas científicas, no por ello debe desestimarse su enorme interés socioeconómico. Así, los ibones presentan un enorme potencial para su valorización, aprovechamiento, y desarrollo sostenible desde el punto de vista recreativo, deportivo y de concienciación medioambiental (Del Valle y Rodríguez, 2004).

2.2. Datos de partida: confección de las bases de datos

La cartografía relativa a los lagos de montaña del Pirineo Aragonés se ha obtenido de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE, 2008) y del Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR, 2008). Del mismo modo, se han empleado las ortofotos de dicho servidor para revisar los archivos originales y completar los ibones no representados según datos de Cabrero (1999) y Del Valle y Rodríguez, (2004). Las características morfológicas de los lagos se han calculado a partir de las ecuaciones de regresión determinadas por Del Castillo (1992). Posteriormente, los complejos lagunares constituidos por dos o más ibones se han unificado en entidades discretas, debido a la dificultad de diferenciar en las bases de datos las citas referentes a cada uno de ellos.

En lo relativo a datos florísticos, se ha realizado un inventario con toda la información disponible y accesible sobre macrófitos, tanto hidrófitos como helófitos, citados en estos ecosistemas. Así, los datos de partida provienen del Atlas de Flora de Aragón (IPE y DGA, 2008), de Cirujano *et al.*, (1992) y de datos cedidos por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) procedentes de sus trabajos de aplicación de la Directiva Marco del Agua, 2006.

Los datos herpetológicos provienen de la base de datos de la Asociación Herpetológica Española (AHE., 2008), entidad responsable de la elaboración del Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles Españoles en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente (Pleguezuelos, *et al.*, 2002).

Finalmente, para caracterizar el estado de conservación que presentan los distintos lagos del Pirineo Aragonés se han utilizado las bases de datos de la CHE, en donde éstos aparecen caracterizados en función de las distintas presiones a las que están expuestos, tales como extracción de agua, afecciones turísticas entre otras, diferenciando entre lagos naturales, alterados o muy alterados (CHE, 2008b).



2.3. Metodología para la definición de las Áreas Prioritarias de Conservación (APC)

Para valorar la importancia de cada lago se han empleado tanto criterios bióticos como ecológicos (Tabla 1). Los grupos taxonómicos estudiados han sido macrófitos y herpetofauna, y los criterios ecológicos valorados han sido la representatividad, la dinámica natural y el estado de conservación.

2.3.1. Valoración en función de criterios bióticos: macrófitos y herpetofauna

Para valorar la importancia ecológica en función de criterios bióticos, en un primer momento se va a determinar un *Coficiente de Conservación* (CC) para cada especie, calculado en función de su vulnerabilidad, rareza, endemidad y aislamiento taxonómico (Tabla 2). Posteriormente se determinarán unos *Coficientes de Conservación Medios* (CCM), para cada lago e independientemente para cada uno de los dos grupos taxonómicos estudiados: macrófitos y herpetofauna. Finalmente, la valoración de cada lago en función de criterios bióticos se determinará en base a estos CCM y a su riqueza de especies.

2.3.1.1. Criterios e indicadores empleados para la valoración de cada especie

- Índice de Rareza Nacional (Ir):

Existen muchas formas de valorar la rareza de una especie, tales como su abundancia local, la especificidad de su hábitat o el hábitat ocupado (*cf.*, Rey Benayas *et al.*, 1999). En este estudio se ha definido la rareza por la medida de su rango geográfico de distribución.

En el caso de los macrófitos, su rareza se ha determinado a partir de la información publicada en la base de datos Anthos, que se alimenta de la información del proyecto Flora Ibérica (Anthos, 2008), y de la obra publicada por Cirujano *et al.*, (2007) para el caso de los carófitos. La importancia de un taxón está en relación inversa a su frecuencia, y se definen 5 valores para Ir. Los umbrales que marcan tales valoraciones han sido:

- 1, Planta que ha sido citada en más de 19 provincias.
- 2, aquella que ha sido citada en un rango de 19 a 13 provincias.
- 3, aquella que ha sido citada en un rango de 12 a 8 provincias.
- 4, aquella que ha sido citada en un rango de 7 a 3 provincias.
- 5, aquella que ha sido citada en menos de 3 provincias.

Por otro lado, en el caso de la herpetofauna se ha podido obtener dicha información en cuadrículas 10x10 km a partir de los datos del Inventario Nacional de Biodiversidad (MMA, 2008). Para la definición de los intervalos del índice Ir se ha empleado el Test de Jenks, que agrupa los valores minimizando la desviación típica en cada uno de dichos intervalos (Jenks y Caspall, 1971) y que nos permite relativizar la frecuencia de cada taxón en relación con el resto. De este modo, las valoraciones otorgadas han sido:

- 1, aquella especie que ha sido citada en más de 96 cuadrículas.
- 2, aquella que ha sido citada en un rango de 69 a 96 cuadrículas.



- 3, aquella que ha sido citada en un rango de 37 a 68 cuadrículas.
- 4, aquella que ha sido citada en un rango de 20 a 36 cuadrículas.
- 5, aquella que se ha citado en 19 o menos cuadrículas.

- Índice de Rareza Autonómico (Ira):

La rareza de una especie viene condicionada por el ámbito geográfico analizado. Así, es posible encontrar especies habituales en el contexto nacional pero que presentan una frecuencia de distribución reducida dentro de la Comunidad Autónoma de Aragón, y viceversa. Por este motivo, se ha evaluado independientemente el atributo de rareza a nivel estatal y autonómico.

En el caso de los macrófitos, la rareza se ha caracterizado a partir de la información publicada en el Atlas de Flora de Aragón (IPE y DGA, 2008). Las valoraciones otorgadas en función de sus frecuencias han sido:

- 1, Planta común (C) o muy común (CC).
- 2, Planta frecuente (F).
- 3, Planta escasa (E).
- 4, Planta rara (R).
- 5, Planta muy rara (RR).

No obstante, se ha de destacar que en el citado Atlas se presentan los datos por sectores, diferenciando entre Pirineos, Depresión del Ebro y Sistema Ibérico. Al ser el objetivo de este índice determinar la frecuencia de cada planta en Aragón, se ha designado un valor global en función de la valoración sectorial predominante. En los supuestos en los que las tres valoraciones sectoriales sean diferentes, se ha considerado aquella que otorga un valor de frecuencia intermedio. En los casos en los que existan sólo dos regiones, se ha definido a partir de la intermedia o, en el caso de que sean dos categorías consecutivas, la más restrictiva.

En el caso de la herpetofauna se ha obtenido la información a partir de cuadrículas de 10 x 10 km (MMA, 2008). De este modo, las valoraciones asignadas por el índice Ira han sido:

- 1, aquella que ha sido citada en más de 15 cuadrículas.
- 2, aquella que ha sido citada en un rango de 14 a 10 cuadrículas.
- 3, aquella que ha sido citada en un rango de 9 a 6 cuadrículas.
- 4, aquella que ha sido citada en un rango de 3 a 5 cuadrículas.
- 5, aquella que se ha citado en 2 o menos cuadrículas.

- Índice de Vulnerabilidad Nacional (Iv):

Refleja la categorización de las especies en función de su grado de amenaza o el peligro para su conservación. Para el caso de los macrófitos, los valores de éste índice vienen en función de su ubicación en alguno de los siguientes catálogos: Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (CNEA, 2008), Lista Roja de Flora Vasculares en España (LRFVE, 2000) y Carófitos Ibéricos (CI) (Cirujano *et al.*, 2007).

En el caso de la herpetofauna, los catálogos analizados han sido: CNEA, (2008) y el Libro Rojo de Anfibios y Reptiles de España (LRARE) (Pleguezuelos, *et al.*, 2002). Las valoraciones otorgadas en función del grado de amenaza en el que se encuentra cada especie aparecen sintetizadas en la tabla 3.

- Índice de Vulnerabilidad Autonómico (Iva):

Refleja la categorización de las especies en función de su grado de amenaza o el peligro para su conservación dentro de la Comunidad Autónoma de Aragón. Los valores de éste índice vienen en función de su ubicación en el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (CEAA, 2005). Las valoraciones contempladas por el índice Iva en función del grado de amenaza en el que se encuentra cada taxón son:

- 1, No amenazado.
 - 2, de Interés Especial.
 - 3, Vulnerable.
 - 4, Sensible a la alteración de su hábitat.
 - 5, En Peligro de extinción.
- Índice de exclusividad (Ie):

Las especies endémicas representan una prioridad en cuanto a su conservación. Para la determinación de este índice, los datos se han extraído de las fichas del Atlas de Flora de Aragón (IPE y DGA, 2008) y de las fichas del Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España (Pleguezuelos, *et al.*, 2002) respectivamente. De este modo, las valoraciones consideradas han sido: 1, Especie no catalogada como endémica dentro de España; 2, Endemismo nacional; 3, Endemismo pirenaico, y 4, Endemismo local.

- Índice de aislamiento taxonómico (Iat):

La diversidad filogenética se podría definir como la longitud total del árbol evolutivo que conecta los taxones presentes en un área determinada (Vane-Wright *et al.*, 1991). En este estudio, para su cálculo se ha empleado el índice desarrollado por De la Cruz *et al.*, (2000), si bien aplicado a cada lago independientemente. De este modo, para cada taxón se calcula un valor de monotipismo, priorizando los niveles jerárquicos superiores. Estos valores se modifican para cada taxón según la estructura del árbol clasificatorio del cual pende mediante la fórmula (De la Cruz *et al.*, 2000):

$$VT = 5 * \left(\frac{1}{nc} \right) + 4 * \left(\frac{1}{nc} * \frac{1}{no} \right) + 3 * \left(\frac{1}{nc} * \frac{1}{no} * \frac{1}{nf} \right) + 2 * \left(\frac{1}{nc} * \frac{1}{no} * \frac{1}{nf} * \frac{1}{ng} \right) + 1 * \left(\frac{1}{nc} * \frac{1}{no} * \frac{1}{nf} * \frac{1}{ng} * \frac{1}{ns} \right)$$

Donde: *nc* es el número de clases presentes en un lago determinado que comparten el mismo nodo; *no* el número de órdenes; *nf* el número de familias o; *ng* el número de géneros, y *ns* el número de especies que comparten el mismo nodo. De esta manera, el valor máximo de un taxón representante de una división monotípica sería 15, y este valor disminuirá progresivamente a medida que la taxonomía del taxón considerado se haga más redundante.

2.3.1.2. Normalización de los indicadores empleados

En cualquier estudio en el que se pretenda integrar distintos indicadores es deseable que dicha evaluación se realice sobre escalas comparables (cf., Barba-Romero y Pomerol, 1997). Por tanto, siendo el rango final de valores de cada indicador diferente, es necesario normalizarlos en una misma escala para evitar soluciones sesgadas hacia aquellas variables que alcancen valoraciones más altas.

Uno de los métodos más utilizados consiste en realizar un ajuste de tipo lineal mediante el cual se reescalan los valores originales entre unos límites mínimos y máximo determinados. En este trabajo se ha empleado un rango de estandarización de 0-10 y la fórmula de ajuste utilizada ha sido la siguiente (Eastman, 1999):

$$Fi = \left(\frac{Vi - V \min}{V \max - V \min} \right) * C$$

En donde Fi es el valor del factor normalizado; Vi el valor origen del factor; $Vmax$ el valor máximo; $Vmin$ el valor mínimo, y C el rango de estandarización, en este caso, 10.

2.3.1.3. Importancia relativa de los criterios: asignación de pesos mediante un panel de expertos

Una vez normalizados los indicadores, es necesario conocer la importancia relativa de cada uno de ellos respecto a los demás. Para ello, se ha recurrido a un panel de expertos y a un método de asignación de pesos.

Existen diversos procedimientos para la asignación de pesos a los criterios (cf., Barba-Romero y Pomerol, 1997), si bien se ha de hacer una mención especial a la subjetividad que presentan la mayoría de los métodos de ponderación (Gómez y Barredo, 2005). En este estudio y asociado a un panel de expertos, se va a emplear uno de los métodos más recomendados para comparar alternativas, el método de comparación por pares dentro del contexto del *Método de las Jerarquías Analíticas* (MJA) (cf., Siddiqui et al. 1996; Gómez y Barredo, 2005). El hecho de trabajar con un panel de expertos nos permite obtener una visión especializada de la cuestión, a la par que suavizamos posibles subjetividades en las opiniones particulares de cada uno de los panelistas.

El modo de operar parte del diseño de una matriz cuadrada de comparación por pares, en la cual el número de filas y de columnas está definido por el número de criterios a ponderar. Cada panelista ha de comparar la importancia relativa de cada criterio respecto a los demás a partir de una escala de juicios de valor preestablecida. Posteriormente, a partir de estos juicios de valor, distintos algoritmos permiten calcular una serie de pesos que describen en términos aritméticos como deberían relacionarse con tales juicios (cf., Satty, 1980).

Al igual que casi todos los métodos existentes para la asignación de pesos, el MJA conlleva un cierto grado de subjetividad. No obstante, la principal diferencia entre éste y el resto de estos métodos es la posibilidad de evaluar la consistencia en la asignación de los juicios (cf., Gómez y Barredo, 2005). Así, la consistencia de los pesos se evalúa a partir de la *razón de consistencia* (c.r.), considerándose inconsistente cuando c.r. alcanza valores mayores o iguales a 0,10.

2.3.1.4. Valoración final de cada especie: cálculo de los Coeficientes de Conservación

La valoración final de cada especie se determina a partir del cálculo de su Coeficiente de Conservación (CC) mediante la siguiente expresión:

$$CC = \frac{I_p * P_{ip} + I_{Pa} * P_{iPa} + I_c * P_{ic} + I_{ca} * P_{ica} + E_n * P_{en} + I_{tax} * P_{itax}}{6}$$

Siendo P_n , los pesos asignados a los distintos criterios empleados para la valoración de las especies.

2.3.1.5. Valoración final de cada lago en función de criterios bióticos

Según Cirujano *et al.*, (1992), los índices de valoración de las lagunas y humedales han de contemplar dos aspectos fundamentales; por un lado, la importancia que tienen las especies citadas en una determinada zona húmeda, y, por otro lado, la riqueza total de especies existente en cada enclave. Para ello, en este estudio se ha propuesto el siguiente cálculo:

- Índice de Diversidad α (I_{α}):

En un primer momento se ha calculado la diversidad α de cada lago, tanto de macrófitos como de herpetofauna, medida en términos de riqueza de especies. La riqueza de especies merece ser considerada como un índice individualizado, puesto que muestra, por lado la madurez del ecosistema y, por otro lado, su grado de conservación (Cirujano *et al.*, 1992). Independientemente para flora (I_{dm}) y herpetofauna (I_{dh}), dicho índice se calcula a partir de la suma total de especies citadas en cada enclave:

$$I_{dm} = \sum n_{ij} \quad I_{dh} = \sum n_{ij}$$

Siendo n una especie identificada (i) en un enclave determinado (j).

- Coeficiente de Conservación Medio (CCM) (*cf.*, Bowers y Boutin, 2007):

Entendido como el valor medio de los CC calculados para el conjunto de especies identificadas en cada lago, tanto de plantas como de herpetofauna. Su cálculo se realiza mediante la siguiente expresión:

$$FCC_{mj} = \frac{\sum ccfj}{N_{fj}} \quad HCC_{mj} = \frac{\sum ccfj}{N_{hj}}$$

Donde:

- $\sum ccj$ es el sumatorio de los Coeficientes de Conservación de las especies de flora (f) y de herpetofauna (h) para un lago determinado.

- N_j es el número total de especies de flora (f) y herpofauna (h) identificadas en dicho lago.

- Valoración final:

La valoración final de cada lago en función de criterios botánicos y herpetológicos se determina a partir del cálculo del *Índice de Calidad Florística Final* (ICF) y el Índice de Calidad Herpetológica Final (ICH) respectivamente (cf., Bowers y Boutin, 2008):

$$ICF_j = mCC_j \times \sqrt{Id_j} \qquad ICH_j = mCC_j \times \sqrt{Id_j}$$

Donde *j* es un lago determinado, y ICF_j e ICH_j representan su valoración final en función de criterios botánicos y herpetológicos respectivamente.

Posteriormente, las valoraciones finales obtenidas por el ICH y ICF en el total de lagos han sido agrupadas en 5 categorías de interés de conservación (i.e., muy alto, alto, notable, destacable, menor), empleando para ello el *Test de Jenks* (Jenks y Caspell, 1971).

2.3.2. Valoración en función de criterios ecológicos

La valoración de los indicadores ecológicos tiene como objetivo conocer las alteraciones morfológicas que presentan algunos lagos, el estado de conservación en el que actualmente se encuentran y sus características en cuanto a su estratificación y funcionamiento.

2.3.2.1. Criterios ecológicos empleados para la valoración

- *Dinámica natural*: se han diferenciado aquellos lagos represados de aquellos cuya dinámica mantiene su naturalidad. Para ello se han empleado los archivos de zonas húmedas del Sistema de Información Territorial de Aragón (SITAR, 2008) y la cobertura de embalses de la cuenca del Ebro (CHE, 2008b).
- *Estado de conservación*: se ha diferenciado aquellos caracterizados como naturales de los alterados o muy alterados en función de lo expuesto por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE, 2008). En los complejos lagunares constituidos por al menos un ibón natural, se ha mantenido el grado de naturalidad de éste.
- *Representatividad*: se han diferenciado aquellos cuya superficie es superior a 0,5 ha y cuya profundidad máxima excede los 10 m como sistemas lacustres representativos. Esta superficie marca la unidad mínima inventariada en las distintas bases de datos de zonas húmedas (cf., Montes, 1995; CHE, 2005). La delimitación por profundidad máxima se ha debido a que las diferencias entre lago, laguna y humedal no están claras (cf., Del Castillo, 1992; CHE, 2005). No obstante, un verdadero lago ha de presentar una profundidad mínima que permita su estratificación en algún momento de su ciclo anual (cf., Margalef, 1983; Del Castillo, 1992; Pascual *et al.*, 2000), que para las condiciones climáticas de alta montaña se estima en 10 m (cf., Pascual, *et al.*, 2000).



2.3.2.2. Valoración final de cada lago en función en función de criterios ecológicos

Del conjunto de lagos del Pirineo Aragonés, se han diferenciado aquellos considerados como representativos, que mantienen su dinámica naturalidad y que, además, presentan un óptimo estado de conservación. Así, se han seleccionado aquellos cuya extensión es superior a 0,5 ha y cuya profundidad máxima excede los 10 m, sin represar y cuyo estado de conservación se considera bueno.

2.3.3. Definición de APC

Para la definición de las APC de los ibones pirenaicos, se han seleccionado aquellos lagos representativos, sin represar, con un buen estado de conservación y que, además, presentan un Interés de Conservación Alto o Muy Alto según las valoraciones alcanzadas por los índices bióticos ICF y/o ICH. Del mismo modo, se han incluido aquellos ibones con unos índices de calidad finales más elevados que, a pesar de no presentar una adecuada valoración en función de los criterios ecológicos considerados, son necesarios para proteger el total de especies amenazadas. En este estudio, se han considerado especies amenazadas aquellas catalogadas como *En Peligro*, *Sensible a la alteración de su hábitat*, *Vulnerable* o *Casi Amenazada* en los distintos catálogos y libros rojos consultados para este estudio. Este conjunto de ibones constituirán las APC de los lagos de alta montaña pirenaicos.

3. RESULTADOS

A continuación se incluye la valoración alcanzada en función de los criterios bióticos y ecológicos considerados, así como las APC definidas para los lagos de alta montaña aragoneses.

3.1. Valoración en función de criterios bióticos

3.1.1. Determinación de la importancia relativa de los distintos criterios considerados para la valoración de cada taxón

Los integrantes del panel de expertos han sido:

- Inmaculada Férriz Murillo: licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona y coordinadora del proyecto de estudio ecológico para la gestión del PN de s'Albufera de Mallorca (*TAIB project*) desde el 2004.
- David Mestre Navarro: Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Valencia, Máster en Estrategias y Gestión Forestal por esta misma universidad, Experto universitario en Gestión de los Espacios Naturales por la Universidad de Cádiz.
- Beatriz Checa Marín: Licenciada en Ciencias Ambientales.
- César A. Ipenza Peralta: abogado y politólogo peruano, especializado en biología de la conservación, miembro de la Comisión de Derecho Ambiental de la UICN, en el grupo de Áreas Naturales Protegidas y de Pueblos Indígenas.



- José Carlos Carrascal Hernández: Licenciado en Ciencias Ambientales por la Universidad de Salamanca.
- Manuel Fernández Soto: Licenciado en Geografía por la Universidad de Oviedo, Doctorando del Departamento de Geografía e Historia de esta misma universidad.

Los pesos obtenidos, entendidos como la importancia relativa de cada criterio respecto a los demás, han sido:

- Rareza a nivel nacional: 0.0419
- Rareza en la Comunidad Autónoma de Aragón: 0.0567
- Vulnerabilidad a nivel nacional: 0.1272
- Vulnerabilidad dentro de Aragón: 0.1946
- Carácter endémico: 0.2892
- Aislamiento taxonómico: 0.2903

3.1.2. Riqueza de especies y Coeficientes de Conservación Medios (CCM)

Del total de lagos identificados en el Pirineo Aragonés, se dispone información florística y herpetológica de 29 y 30 lagos respectivamente, identificándose un total de 27 especies de macrófitos y 12 de herpetofauna. En general, la riqueza de especies es baja, con unos valores medios de 3,14 (macrófitos) y 2,13 (herpetofauna). No obstante, se han encontrado una destacable fluctuación de dicha riqueza, llegándose a identificar hasta 11 y 7 especies en algunas localidades respectivamente (Tabla 4).

Los valores más altos de riqueza florística se han alcanzado en los ibones de Estanés (11), Tramacastilla (7), Sabocos (7), Anayet (7), Piedrafita (5) y Angliós (5), conteniendo dicho conjunto de lagos el 81,5% del total de la diversidad presente en los lagos del Pirineo Aragonés. Las especies más comúnmente encontradas han sido *Callitriche palustris* (10 localidades), *Ranunculus trichophyllus* (15 localidades) y *Sparganium angustifolium* (14 localidades). Los Coeficientes de Conservación Medios (CCM) más altos basados en estos datos florísticos se han alcanzado en los ibones de Salterillo (0,87), La Escaleta (0,87), Paderna (0,71), Coll del Toro (0,71), Brazato (0,65), Billamuerta (0,62), Batisielles (0,59), la Sierra (0,58) y Bachimaña (0,58)

En cuanto a la herpetofauna, han sido los ibones de Sabocos (7), Baños (7), Acherito (5), Piedrafita (4) y Asnos (4) los que presentan valores más altos de diversidad. El conjunto de estos lagos contiene el 83,3 % del total de la diversidad presente en los lagos del Pirineo Aragonés y las especies más comunes han sido *Euproctus asper* (11 localidades), *Alytes obstetricans* (11 localidades) y *Rana temporaria* (9 localidades). En cuanto a los Coeficientes de Conservación Medios (CCM) basados en estos datos herpetológicos, los valores más altos se han alcanzado en los ibones de Arriel (1,26), Cregüña (1,26), Perramó (1,26), Llauset (1,26), Botornas (1,26), Bramatuero (1,26), la Faja (1,26), Campo Plano (1,26), Bucuesa (0,99), Billamuerta (0,99) y Alba (0,99).

3.1.3. Valoración final según datos florísticos y herpetológicos

De los 29 lagos pirenaicos de los que se dispone información florística, 6 presentan un Muy Alto interés de conservación y 7 un Alto interés de conservación (Tabla



5). El conjunto de estos 13 lagos representa el 44,8 % del total de lagos de los que se disponen citas de plantas y el 6,6% del total de ibones aragoneses.

Así, los valores más altos del índice de Calidad Florística (ICF) se han alcanzado en los ibones de Asnos (1,02), Brazatos (0,92), Angliós (0,91), Anayet (0,91), Salterillo (0,87), la Escaleta (0,87), Estanés (0,82), Armeña (0,82), Lagos de la Ribereta (0,82), Sabocos, (0,75), Urdiceto (0,72), Paderna (0,71) y Basibé (0,64). Este conjunto de lagos incluye el 66% de la diversidad vegetal y todas aquellas especies catalogadas por su vulnerabilidad en alguno de los catálogos nacionales y/o autonómicos, a excepción del taxón *Potamogeton praelongus*.

Por otro lado, del total de lagos pirenaicos de los que disponemos información herpetológica, 10 presentan un Muy Alto interés de conservación y 7 un interés Alto de conservación (Tabla 6). Estos 17 lagos representan el 54,9% de los lagos de los que se dispone de datos y el 8,9% del total de ibones del Pirineo Aragonés.

Los valores más altos del índice de Calidad Herpetológica (ICH) se han alcanzado en los ibones de Arriel (1,26), Respumoso (1,32), Campo Plano (1,26), de la Faja (1,26), Bramatuero (1,26), Perramó (1,26), Cregüeña (1,26), LLauset (1,26), Botornas (1,26), Samán (0,76), Bucuesa (0,99), Piedrafita (0,80), Baños (0,75), Alba (0,99), Billamuerta (0,99) y Anayet (0,71). Este conjunto de lagos incluye el 66,6 % del total de la diversidad herpetológica y todas aquellas especies catalogadas por su vulnerabilidad en alguno de los catálogos nacionales y/o autonómicos.

3.2. Valoración en función de criterios ecológicos

De los 197 lagos de montaña presentes en el Pirineo Aragonés, 152 no se encuentran represados, conservando su dinámica natural. De éstos, son 44 los que presentan una extensión superior a las 0,5 ha y una profundidad máxima que excede los 10 m. Finalmente, en este conjunto y en base a lo expuesto por la CHE (2008), se reconocen 36 ibones que no sufren alteraciones destacables.

3.3. Selección de APC

El conjunto de aquellos ibones identificados con un Alto o Muy Alto interés de conservación por sus valores herpetológicos y/o florísticos constituye una selección de 28 lagos, y dentro de éstos, 10 se consideran representativos, conservan su dinámica natural y, además, presentan un buen estado de conservación. Estos son: Arriel, Asnos, Brazatos, Angliós, Armeña, Sabocos, Perramó, Cregüeña, LLauset, Bucuesa.

Este conjunto de 10 lagos incluye el 75,0 % del total de la diversidad herpetológica y el 48,1 % de la diversidad florística, quedando sin embargo excluidas dos especies de flora amenazadas, *Nitella syncarpa* y *Potamogeton praelongus*, y una especie de fauna, *Lacerta vivípara*. Por tanto, para incluir el total de especies amenazadas, a este conjunto se le han de añadir aquellos lagos que, sin presentar un óptima valoración en función de los distintos criterios ecológicos considerados, poseen los índices de calidad finales más elevados: los ibones de Anayet, Piedrafita y Estanés.

Este conjunto final de 13 lagos constituye el 6,6% del total de ibones pirenaicos y definiría las APC de los lagos de alta montaña del Pirineo Aragonés (Tabla 7). En estas



áreas prioritarias seleccionadas se incluye finalmente el 77,8% del total de la diversidad vegetal de los ibones pirenaicos y el 83,3% del total de la diversidad herpetológica, además de todo el conjunto de especies amenazadas.

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La aplicación de este método nos ha permitido identificar como APC a una selección de 13 de los lagos de alta montaña del Pirineo Aragonés. Para tal selección, se han considerado tanto aspectos ecológicos como bióticos, por lo que el conjunto está formado por lagos representativos, con buen estado de conservación y que, además, albergan especies de alto interés para la conservación.

Sin embargo, la coherencia y éxito de estos procesos de selección dependen de la disponibilidad de buenas bases de datos biológicos de partida, (Freitag, *et al.*, 1996), y en el caso de los ibones dicha información es muy limitada. La dificultad de acceso que presentan estos entornos limita los datos disponibles, existiendo multitud de ibones de los cuales no se dispone de ningún tipo de información taxonómica. Por tanto, es predecible que esta selección varíe a medida que las bases de datos incorporen un mayor volumen de información relativa a los ibones del Pirineo.

4.1. Efectividad de la metodología utilizada

La valoración ambiental de ecosistemas es una tarea sumamente compleja, existiendo la posibilidad de emplear múltiples criterios para realizarla. Sin embargo, es una tarea necesaria para poder establecer prioridades para su conservación y gestión. En el caso de los lagos de alta montaña del Pirineo Aragonés, dicha valoración es imprescindible desde un punto de vista práctico, dado la gran cantidad de este tipo de ecosistemas que podemos encontrar.

Los indicadores empleados en este estudio se pueden considerar subjetivos en un cierto grado, y es posible que el uso de distintas variables u otras metodologías pudiera otorgar resultados algo diferentes. No obstante, el método empleado se comporta como una valiosa herramienta que nos permite destacar aquellos lagos que muestran un valor ambiental más alto a partir de los distintos criterios analizados.

Para evaluar la efectividad del método empleado, se han comparado el número de ibones que deberían ser protegidos a partir la aplicación de otras valoraciones. De este modo, se han utilizado otros dos criterios para la definición de APC: Riqueza de especies y Coeficientes de Conservación Medios (CCM). Así, seleccionando aquellos ibones en donde se han alcanzado unos valores más altos de estos dos criterios, se han escogido el conjunto de lagos necesarios para la protección del total de especies amenazadas. La definición de APC a partir de los criterios Riqueza de especies y CCM, y de nuestro método aparecen sintetizadas en la tabla 8. Los resultados muestran los lagos que en cada caso sería necesario proteger para incluir el total de especies amenazadas, su estado de naturalidad y su proporción en relación al total de lagos.

Se puede observar como el conjunto de lagos seleccionado a partir de nuestro método (13) es inferior al determinado a partir de los otros dos criterios, CCM (42) y Riqueza de especies (18). Del mismo modo, la aproximación multivariable de la metodología, incluyendo tanto aspectos bióticos como abióticos, determina un porcentaje



de lagos representativos y con un buen estado de conservación (76,9%) superior al de los otros métodos (52,4 y 38,9 % respectivamente). Son destacables los resultados alcanzados a partir de la riqueza de especies, puesto que se trata de uno de los criterios más habitualmente considerados para la toma de decisiones en el campo de la conservación (*cf.*, Rodrigues *et al.*, 2004).

Además, los resultados del método empleado presentan el valor añadido de agrupar simultáneamente la consideración de distintos criterios. Incluyen mayoritariamente sistemas lacustres representativos, naturales, con un buen estado de conservación y que, además, albergan una gran cantidad de especies relevantes por su rareza, vulnerabilidad, endemidad o aislamiento taxonómico. No obstante, un estudio más detallado podría permitir incrementar la eficiencia del método a partir de la aplicación de algoritmos de complementariedad y máxima cobertura (*cf.*, Lobo y Araujo, 2003).

4.2. Grado de protección actual

Para determinar el grado de protección al que actualmente están sometidos estos entornos, se ha calculado el porcentaje de APC que actualmente queda localizado geográficamente dentro de los límites de algún *Espacio Natural Protegido* (ENP) de Aragón. Del total de 13 de ibones propuestos como APC, únicamente 5 de ellos (38,5%) se encuentran en estos momentos dentro de los límites de algún ENP. Los ENP que albergan este conjunto de ibones son el Parque Natural de los Valles Occidentales (Estanés) y el Parque Natural Posets-Maladeta (Perramó, Cregüeña, LLauset y Angliós) (Figura 1).

Revisando sus Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, observamos como en ambos parques se hace una mención explícita a la protección de estos sistemas lacustres. Así, se señala la necesidad de establecer, a partir del Plan Rector de Uso y Gestión, áreas en las que se podrá condicionar el uso del suelo y las actividades que se desarrollen en ellas con objeto de proteger estos entornos. Del mismo modo, en el año 2004 el Gobierno de Aragón consideró la necesidad de elaborar un *Inventario de Humedales Singulares de la Comunidad Autónoma de Aragón* que, sin ser específico para los lagos de alta montaña, incluiría todos los humedales aragoneses que presenten cierto interés (*cf.*, Ley 8/2004).

Sin embargo, la particularidad de estos entornos y la escasa coincidencia entre las APC de los ibones y la actual red de Espacios Naturales Protegidos, sugiere la necesidad de proteger estos lagos de un modo específico. Así, un estudio adicional detallado del uso público que se hace de los mismos y la influencia socioeconómica que su presencia tiene sobre las poblaciones locales, debería derivar en una figura de protección definida explícitamente para la conservación de los ibones del Pirineo Aragonés. Del mismo modo, se debería establecer un plan de seguimiento ecológico con el objetivo de incrementar el conocimiento de estos sistemas y la influencia que las perturbaciones externas ejercen sobre ellos.



5. CONCLUSIONES

Dada la gran cantidad de ibones que existen en el Pirineo Aragonés, destacar aquellos que presentan un alto valor ambiental mediante la definición de APC constituye una etapa imprescindible para el posterior proceso de toma de decisiones en el campo de la conservación.

La metodología utilizada en este estudio posee un cierto grado de subjetividad, y la consideración de distintas variables u otros indicadores podría arrojar resultados algo diferentes. No obstante, el método empleado se comporta como una herramienta de gran utilidad para definir aquellos lagos que presentan un valor ambiental más alto en base a los distintos criterios analizados.

Los resultados de este estudio nos han permitido diferenciar 13 ibones que presentan una alta prioridad para la conservación. Este conjunto constituye el 6,6% del total de ibones pirenaicos, e incluye el 77,8% y el 83,3 % del total de la diversidad florística y herpetológica respectivamente, además de todas las especies amenazadas.

Es importante destacar que en la actualidad existe una escasa coincidencia entre este conjunto de ibones y la actual red de ENP. Es por tanto necesario definir una figura de protección común y específica para estos entornos, para poder garantizar su correcta gestión y puesta a valor. De este modo, los resultados de este estudio pueden considerarse un trabajo preliminar para la futura protección legal de los ibones del Pirineo Aragonés.

6. AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido posible gracias a una ayuda concedida por el Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad del Gobierno de Aragón a Tomás Arruebo Muño. Así mismo, los autores desean mostrar sus agradecimientos a los integrantes del panel de expertos: Inmaculada Férriz Murillo, David Mestre Navarro, Beatriz Checa Marín, César Ipenza Peralta, José Carlos Carrascal Hernández y Manuel Fernández Soto, y a la Asociación Herpetológica Española, al Atlas de Flora de Aragón y a la Confederación Hidrográfica del Ebro por la cesión de los datos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Anthos, 2008. Sistema de información de las plantas de España, Real Jardín Botánico, CSIC-Fundación Biodiversidad, Accesible: www.anthos.es.

Araujo, M., Lobo, J. y Moreno, J. 2007. The effectiveness of Iberian Protected Areas in Conserving Terrestrial Biodiversity, *Conservation Biology*, 21(6), pp: 1423-1432.

Asociación Herpetológica Española, 2008, accessible: <http://www.herpetologica.org/>

Barba-Romero, S. y Pomerol, J., 1997. Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica, Alcalá de Henares, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá.

Ceballos, G., Ehrlich, P., Soberón, J., Salazar, I. y Fay, J. 2005. Global mammal conservation: what must we manage?, *Science*, 309, pp: 603-607.



- Bowers, K. y Boutin, C. 2008. Evaluating the relationship between floristic quality and measures of plant biodiversity along stream bank habitat, *Ecological Indicators*, 8, pp: 466 - 475.
- Cabrero Palacín, J., 1999. *Todos los ibones del Pirineo Aragonés*, Editorial Pirineo, Huesca, 255 pp.
- CNEA, 2007. Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, considerando sus actualizaciones hasta la fecha (octubre, 2007).
- CEAA, 2005. Decreto 49/1995, de 28 de marzo del Gobierno de Aragón actualizado por Orden de 4 de marzo de 2004, del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, y modificado por el Decreto 181/2005, de 6 de septiembre, de la Diputación General de Aragón.
- Chueca, J., Peña, J. L., Lampre, F. y Julián, A., 1998. La Pequeña Edad de Hielo en el Pirineo central meridional: influencias paleoambientales a partir de datos geomorfológicos, en Gómez Ortiz, A. y Pérez Alberti, A., 1998. *Las huellas glaciares de las montañas españolas*, Universidad de Santiago de Compostela, pp: 193-261.
- Cirujano, S., Velayos, M., Castilla, F. y Gil, M. 1992. *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica y las Islas Baleares)*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, ICONA, colección técnica. Madrid, 456 pp.
- Cirujano, S. y Medina, L. 2002. *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla La Mancha*, Real Jardín Botánico CSIC, Madrid, 340 pp.
- Cirujano, S.; García, P.; Meco, A. y Fernández, R., 2007. Los carófitos ibéricos, *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 64 (1), pp: 87 – 102.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005. *Caracterización de la Demarcación y Registro de Zonas Protegidas*, Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro, 246 pp.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2008. Cartografía – SIG, Accesible: oph.chebro.es/ContenidoCartografico.htm
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2008b. *Zonas Húmedas*, Accesible: oph.chebro.es/ContenidoAmbiental.htm
- Del Castillo, M. 1992. *Morfometría de los lagos. Una aplicación a los lagos del Pirineo*, Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 252 pp.
- DGA, 2008. Situación, límites y extensión, Departamento de Política Territorial, Justicia e interior, Gobierno de Aragón, Accesible: www.comarca.comarca.com/geografia.asp



- Del Valle, J. y Rodríguez, C. 2004. Análisis de la calidad ambiental y paisajística del entorno de los ibones del Pirineo Aragonés, *Actas VII Congreso Nacional de Medio Ambiente*, Madrid, 24 pp.
- De la Cruz, M.; Rejos, J.; Bartolomé, C., y Peinado, M. 2000. Valoración de las lagunas de montaña españolas según su flora hidrófila, en Granados I. y Toro, M., 2000. *Conservación de los Lagos y Humedales de Alta Montaña de la Península Ibérica*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, pp: 105 - 114.
- Eastman, J., 1999. *Guide to GIS and Image processing*, Idrisi 32. Clarck Labs. Worcester, MA.
- Europarc – España, 2008. *Anuario Europarc-España del estado de los espacios naturales protegidos 2007*, Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid. 160 pp.
- Eurosite, 1996. *European Guide for the preparation of management plans for protected and managed natural and semi-natural areas. Management Plans: Methods and Techniques*, Eurosite, 50 pp.
- Forest, F., Grenyer, R., Rouget, M., Davies, T., Cowling, R., Faith, D., Balmford, A., Manning, J., Procheş, Ş., van der Bank, M., Reeves, G., Hedderson, T. y Savolainen, V. 2007. Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots, *Nature*, 445, pp: 757-760.
- Freitag, S., Nicholls, A. y Van Jaarsveld, A., 1996. Nature reserve selection in the Transvaal, South Africa: what data should we be using?, *Biodiversity and Conservation*, 5, pp: 685-698.
- GEA, 2008. Gran Enciclopedia Aragonesa OnLine, Accesible: www.encyclopedia-aragonesa.com/voz.asp?voz_id=10237
- Gómez, M. y Barredo, J., 2005. *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*, 2º Edición, RA-MA Editorial, Madrid, 279 pp.
- Grumbine, E., 1994. What is ecosystem management?, *Conservation Biology*, 8, pp: 27 – 38.
- Gurung A. B. (ed.), 2005. GLOCHAMORE Global Change and Mountain Regions. Research Strategy, *Mountain Research Initiative*, Bern.
- Instituto Pirenaico de Ecología y Diputación General de Aragón, 2008. Atlas de Flora de Aragón, Accesible: <http://www.ipe.csic.es/floragon/indexacerca.php>
- Jenks., G. y Caspall, F., 1971. Error in choropleth maps: Definition, measurement, reduction, *Annals of the Association of American Geographer*, 61, pp: 217-244.
- Ley 8/2004, de 20 de diciembre, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.



- LRFVE, 2000. Lista Roja de Flora Vasculare Española, Comité Español UICN, 2000, *Conservación Vegetal*, 6, pp: 1- 39.
- Lobo, J. y Araújo, M. 2003. La aplicación de datos faunísticos para el diseño de redes de reservas: el caso de los anfibios y reptiles de la península ibérica, *Graellsia*, 59 (2-3), pp: 399-408.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2008. Inventario Nacional de Biodiversidad, accesible: www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/banco_datos/info_disponible/inb_bbdd.htm.
- Margalef, R., 1983. *Limnología*, Editorial Omega, Barcelona, 1010 pp.
- Matsuda, H., Serizawa, S., Ueda, K., Kato, T. y Yahara, T., 2003. Assessing the impact of the Japanese 2005 World Exposition Project on vascular plants' risk of extinction, *Chemosphere*, 53, pp: 325–336.
- Montes, C. (Coord.) 1995. *Proyectos de apoyo técnico a los Planes Hidrológicos de cuenca en aspectos relacionados con Zonas Húmedas, Actualización e información del Inventario de Lagos y Humedales de España y desarrollo de manuales de valoración y deslinde*, Informes técnicos, D.G.O.H., (MOPTMA) – INIMA.
- Myers, N., Mittermeyer, R., Mittermeyer, C., da Fonseca, G. y Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities, *Nature*, 403, pp: 853-858.
- Oertli, B., Indermuehle, N. Angélibert, S., Hinden, H. y Stoll, A. 2008. Macroinvertebrate assemblages in 25 high alpine ponds of the Swiss National Park (Cirque of Macun) and relation to environmental variables, *Hydrobiologia*, 597, pp: 29 – 41.
- Orme, C., Davies R., Burgess, M., Eigenbrod, F., Pickup, N., Olson, V., Webster, A., Ding, T., Rasmussen, P., Ridgely, R., Stattersfield, A., Bennett, P., Blackburn, T., Gaston, K. y Owens, I. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat, *Nature*, 436, pp: 1016-1019.
- Pascual, M., Rodríguez, A., Hidalgo, J., Borja, F., Díaz del Olmo, F. y Montes del Olmo, C. 2000. Distribución y caracterización morfológica y morfométrica de los lagos y lagunas de alta montaña de la España peninsular, en Granados, I. y Toro, M. *Conservación de los Lagos y Humedales de Alta Montaña de la Península Ibérica*, Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, pp: 51 – 77.
- Pleguezuelos, J., Márquez, R. y Lizana, M. (eds.) 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*, Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetologica Española (2ª impresión), Madrid, 587 pp.
- Primack, R. y Ros, J., 2002. *Introducción a la biología de la conservación*, Editorial Ariel S.A., Barcelona, 375 pp.
- Razola, I., Rey Benayas, J., de la Montaña, E. y Cayuela, L. 2006. Selección de áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad, *Ecosistemas*, 15 (2), pp: 34 – 41.



- Rey Benayas, J., Scheiner, S., García Sánchez-Colomer, M., Levassor, C., 1999. Commonness and rarity: theory and application of a new model to Mediterranean montane grasslands. *Conservation Ecology*, 3(5) (online)
- Rey Benayas, J. y De la Montaña, E. 2003. Identifying high-value vertebrate diversity areas for strengthening nature conservation, *Biological Conservation*, 114, pp: 357–370.
- Rey Benayas, J., De la Montaña, E., Belliure, J. y Eekhout, X. 2006. Identifying areas of high herpetofauna diversity that are threatened by planned infrastructure projects in Spain, *Journal of Environmental Management*, 79, pp: 279–289.
- Roblas, N. y García-Avilés, J. 1999. Valoración ambiental de los ecosistemas leníticos del Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama, (Madrid, España), *Limnética*, 17, pp: 37-44.
- Rodrigues, A.S., Andelman, S.J., Bakarr, M.I., Boitani, L., Brooks, T.M., Cowling, R.M., Fishpool, L.D., Da Fonseca, G.A., Gaston, K.J., Hoffmann, M., Long, J.S., Marquet, P.A., Pilgrim, J.D., Pressey, R.L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S.N., Underhill, L.G., Waller, R.W., Watts, M.E., Yan, X., 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428 (6983), pp: 640–643.
- Ros, J., 1995. *La extinción de especies animales y vegetales*, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Fundación Universidad-Empresa, Madrid.
- Saaty, T.L., 1980. *The analytical Hierarchy Process*, New York, Mc Graw Hill.
- Siddiqui, M.; Everett, J. y Vieux, B., 1996. Landfill siting using Geographic Information Systems: a demonstration, *Journal of Environmental Engineering*, 122 (6), pp: 515 – 523.
- Sistema de Información Territorial de Aragón, 2008, Accesible: <http://sitar.aragon.es/>
- IUCN, 1980. *World Conservation Strategy, Living Resource Conservation for Sustainable Development*, IUCN, UNEP and WWF.Gland
- Vane-Wright, R.I., Humphries, C.J. & Williams, P.H. 1991. What to protect?—Systematics and the agony of choice, *Biological Conservation* 55, pp: 235-254.
- Williams, P., Margules, C. y Hilbert, D. 2002, Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection, *Journal of Bioscience*, 27, pp: 327–338

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Criterios e indicadores empleados para la selección de APC

TIPO	CRITERIO	INDICADOR
BIÓTICOS	Importancia ecológica de cada especie	CC
	Valoración media de las importancias del conjunto de especies	CCM
	Riqueza de especies	Idα
	Calidad Florística y Herpetológica final	ICF y ICH
ECOLÓGICOS	Naturalidad	Represado/No represado
	Estado de conservación	Natural/alterado
	Representatividad	Dimensiones

Tabla 2. Criterios e indicadores seleccionados para la valoración ecológica de cada taxón

CRITERIO	INDICADOR
Rareza a nivel nacional	lr
Rareza a nivel autonómico	lra
Vulnerabilidad a nivel nacional	lv
Vulnerabilidad a nivel autonómico	lva
Carácter endémico del taxón	le
Relación filogenética	VT

Tabla 3. Valoraciones del índice lv en función de las categorías determinadas según los distintos catálogos analizados

CNEA	LRFVE y LRARE	CI	VALORACIÓN
En peligro de extinción	En peligro	En peligro de extinción	6
Sensible a la alteración de su hábitat			5
Vulnerable	Vulnerable	Vulnerable	4
	Casi Amenazada		3
De Interés Especial	Preocupación Menor		2
No amenazado, Datos Insuficientes y Taxones no evaluados			1

Tabla 4. Riqueza de especies determinada para flora y herpetofauna.

	Lagos	Media	DS	Mínimo	Máximo
Flora	29	3,14	2,73	1	11
Herpetofauna	30	2,1	1,72	1	7

Tabla 5. Datos florísticos: Categorías de Interés de Conservación y los lagos catalogados en cada una de ellas.

Interés de Conservación	Nº de lagos	% lagos con datos	% total de lagos
Menor	1	3,4	0,5
Destacable	12	41,4	6,1
Notable	3	10,3	1,5
Alto	7	24,1	3,5
Muy Alto	6	20,7	3,1

Tabla 6. Datos herpetológicos: Categorías de Interés de Conservación y los lagos catalogados en cada una de ellas.

Interés de Conservación	Nº de lagos	% lagos con datos	% total de lagos
Menor	1	3,3	0,5
Destacable	7	23,3	3,6
Notable	6	20,0	3,0
Alto	7	23,3	3,6
Muy Alto	9	30,0	4,6

Tabla 7. Ibones con un Interés de Conservación destacable y aquellos definidos como APC

	Nº lagos	%Total lagos
Interés de Conservación	28	14,2
APC	13	6,6

Tabla 8. Definición de APC: Comparación de distintas alternativas

	Diversidad	CCM	Método
APC	18	42	13
%Total Lagos	9,1%	21,3%	6,6 %
% Representativos y en buen estado de conservación	38,9%	52,4%	76,9%

Figura 1. APC de los lagos de alta montaña del Pirineo Aragonés

