

**I Congreso Internacional sobre
Geología y Minería en la ordenación
del territorio y en el desarrollo
Utrillas (Teruel, Aragón, España),
4-6 de Mayo de 2007**

LA LEY DE PATRIMONIO CULTURAL DEL PRINCIPADO DE ANDORRA (PIRINEOS ORIENTALES): PROPUESTA DE ÁREAS DE PROTECCIÓN PALEONTOLÓGICAS

TURU, Valentí

Igeotest SL (Proyecto Fundación Marcel Chevalier). Av. Príncep Benlloch 66-72, Dptx. 406,
Andorra la Vella, AD-500
(Principat d'Andorra). E-mail: igeofundacio@andorra.ad

ROS, Xavier.

Geo3 SL. Av. Príncep Benlloch 66-72, Dptx. 407, Andorra la Vella AD-500 (Principat
d'Andorra). <http://www.igeotest.ad>

PUJAL, MARIA CINTA

Cap d'àrea de recerca històrica
Departament de Patrimoni Cultural i Política Lingüística
Ministeri d'Afers Exteriors, Cultura i Cooperació
Govern d'Andorra, E-mail: Cinta_Pujal@govern.ad
Ctra. Bixessarri s/n, Aixovall, AD-600 Sant Julià de Lòria

BOLET, ARNAU.

Institut Català de Paleontologia
Escola Industrial 23, Sabadell 08201
E-mail: Arnau.Bolet@campus.uab.es

GALOBART, ÀNGEL.

Institut Català de Paleontologia
Escola Industrial 23, Sabadell 08201
E-mail: Angel.galobart@icp.cat

RESUMEN

La presente comunicación pretende dar a conocer el estado de conocimiento sobre las localidades fosilíferas del Principado de Andorra, encargado por el Área de Investigaciones Históricas del Departamento de Patrimonio Cultural y Política Lingüística del Gobierno del Principado de Andorra a la empresa Igeotest SL, con el asesoramiento del Instituto de Paleontología Crusafont de Sabadell. El objetivo ha sido documentar la carta paleontológica del Principado y para ello se ha propuesto la protección de parte del territorio andorrano en base a un criterio de riesgo, existiendo al mismo tiempo por cada zona fosilífera una subdivisión en yacimiento (J1) y área de presunción paleontológica (J2). El trabajo se ha efectuado en cuatro fases de estudio: Fase 1: Vaciado bibliográfico de más de 70 referencias con el reconocimiento de 30 localidades fosilíferas en Andorra. Fase 2: Reconocimiento de campo, descartando localidades que no fueron fructíferas y añadiendo otras que no estaban citadas en la bibliografía, inventariando un total de 36 afloramientos fosilíferos repartidos en 16 yacimientos. Fase 3: Una vez situados los yacimientos fosilíferos en su contexto geológico se procedió a la valoración desde el punto de vista de la cantidad, estado de preservación y probabilidad de deterioro en un futuro. Con esta valoración se estimó el riesgo que presentan los yacimientos respecto a su conservación futura e interés de preservación. Paralelamente se ha estimado el área de presunción paleontológica que representan los yacimientos, siendo ésta un total de 800 Ha y representa el 1,7 % del territorio andorrano, cifra que denota la escasez de fósiles en el Principado. Fase 4: Gracias al proyecto de fundación Marcel Chevalier de Igeotest SL, se ha dotado al Patrimonio Cultural Nacional de un fondo lítico con 100 piezas fósiles representativas de los yacimientos inventariados para su futuro estudio. Para un futuro quedó una quinta fase de estudio, la cual consistía en efectuar una recopilación de la información y documentación de los fósiles de Andorra que se encuentran en manos de colecciones públicas, ya que la documentación bibliográfica ha dejado constancia de la existencia de personas e instituciones susceptibles de aportar información sobre este aspecto.

PALABRAS CLAVE: Yacimientos fosilíferos, riesgo de destrucción, Principado de Andorra, propuesta de protección, paleozoico pre-Hercínico

1. INTRODUCCIÓN

La investigación sobre la geología en Andorra tiene sus orígenes a finales del siglo XIX pero hará falta llegar al 2003 para aprobar la ley del patrimonio cultural de Andorra que protege todos los bienes culturales del Principado incluido el paleontológico. En 1993 después de aprobar la Constitución por referéndum, Andorra fue reconocida como un país de pleno derecho en el ámbito internacional. En este nuevo panorama político se firmaron, ratificaron y pusieron en funcionamiento diferentes convenciones internacionales que afectan el patrimonio cultural (en 1995 se ratificó la Convención cultural europea de París 1954, mientras que en 1997 el Principado entraba en el convenio de la UNESCO para la protección del patrimonio mundial, cultural y natural de 1972), así como la Ley 9/2003 del patrimonio cultural de Andorra que es el marco legal en el que se ampara la protección del patrimonio paleontológico.

Desde el Ministerio andorrano titular de la cultura, en el cumplimiento de la ley 9/2003 del Patrimonio cultural de Andorra y en lo que se refiere al patrimonio paleontológico, el Área de Investigaciones Históricas del Departamento de Patrimonio cultural y política lingüística se ocupa entre otros de ejercer la protección sobre el patrimonio paleontológico (regulado por el artículo 23 que dispone “... El patrimonio paleontológico lo integran los elementos fosilizados relacionados o no con el ser humano que presenten un valor histórico, cultural o científico y concordantes ...”). Los instrumentos básicos que se utilizan para esta protección son: el inventario, la carta paleontológica, la inspección (trabajo de campo) y como elemento fundamental para la protección de este patrimonio: la investigación.

Para organizar la primera fase de inventario se necesitaba hacer una revisión bibliográfica, cartográfica, de memorias e informes de los trabajos existentes. A partir de ahí se efectuó una segunda fase de estudio que consistió en la inspección y prospección de las zonas potencialmente identificadas como fosilíferas para comprobar su riqueza. La tercera fase se destinó a actualizar la cartografía en función de los resultados del trabajo de campo y proponer áreas de protección, siendo éste el motivo de la presente comunicación. Finalmente se realizó una cuarta fase de estudio, gracias al proyecto de fundación Marcel Chevalier de la empresa Igeotest SL, destinada a equipar el Área de Investigaciones Históricas del Gobierno andorrano con un fondo lítico con más de 100 piezas procedentes de las áreas de interés paleontológicas.

2. GEOLOGÍA HISTÓRICA

Los valles de Andorra a mediados del siglo XIX no quedaron aislados del interés por las ciencias naturales, derivado en gran parte del excursionismo científico (MARTI, 1994) del post-romanticismo. En este sentido, con la finalidad de evaluar el potencial económico que permitiera el aprovechamiento de los recursos minerales, Silvino Thós i Codina en 1884 hizo un reconocimiento geológico y minero sobre el territorio andorrano que concluyó con la publicación con un mapa el geológico: *Croquis geológico de los Valles de Andorra* a escala 1:200.000, editado por primera vez en el *Boletín* de la comisión del mapa geológico de España.

Posteriormente el mapa topográfico de Marcel Chevalier en 1925 fue la base para las siguientes cartografías geológicas de Noël Llopis Lladó y Lluís Solé-Sabarís entre 1947 y 1969, pero no es hasta el final de la década de los años sesenta que Henk Zwart y Jaap Hartevelt profundizan en el conocimiento geológico de Andorra ultrapasando los límites políticos, contextualizando e integrando las estructuras geológicas y litológicas presentes en el principado con las del resto de los Pirineos Centrales y Orientales. Actualmente se está realizando la revisión de la cartografía efectuada por la escuela Holandesa por parte de Pilar Clariana del IGME y subvencionado por el Ministerio andorrano titular de Investigación.

3. COMPENDIO BIBLIOGRÁFICO

Los antecedentes bibliográficos respecto a la presencia de restos fósiles de esta parte de los Pirineos meridionales puede subdividirse en tres etapas siguiendo el grado de conocimiento geológico:

1) Una primera etapa que se inicia ya en el siglo XVIII (LENGELÉE, 1777; PUITG, 1788; ZAMORA, 1788) asociado a los rasgos fisiográficos y económicos, abarcando todo el siglo XIX (RIERA, 1849; MUSSY, 1870; BLADÉ, 1875; PENCK, 1883; THOS, 1884, 1885a y b, DEREVELL, 1889) en donde la temática geológica empieza a ser descrita y contextualizada; hasta la primera mitad del siglo XX (ROUSSEL 1893; ROUSSEL, 1906; CHEVALIER, 1906 y 1907; BERTRAND *et al.* 1912; FAURA-SANS, 1913; MENGEL, 1913; CHEVALIER 1924, 1925a, 1925b, 1926; PANZER, 1926 y 1927; CHEVALIER, 1929; MARCET-RIBA, 1930; DALLONI, 1930; SCHMIDT, 1931; CHEVALIER, 1933; CLOSAS 1934; NUSSBAUM, 1934; BOISSEVAIN, 1934; BERTRAND, 1940; LLOBET 1947) con la publicación de carácter general y deslocalizado pero en relación a la extensión geológica de un determinado terreno. En esta etapa se esbozan los primeros esquemas geológicos de los Pirineos y se intenta localizar restos fósiles que permitan situar en la columna de los tiempos geológicos el terreno estudiado.

2) Una segunda etapa de carácter más localizado entrando en una nueva dinámica de trabajo de cartografía sistemática a detalle. Aunque el IGME tenía ya iniciado a principios del siglo XX el proyecto de cartografiar geológicamente todo el territorio español, no es hasta el tercer cuarto del siglo XX que se dispone de una cartografía completa a esa escala del Principado de Andorra, realizado por la escuela holandesa de Leiden (ZWART, 1965; ZWART y HARTEVELT, 1968 y HARTEVELT, 1970), no sin tener ciertos debates geológicos con las escuelas francesa (CAVET 1957; DERAMOND *et al.* 1971; DERAMOND et SOULA, 1971), catalana (SANTANACH, 1972; LLOPIS-LLADÓ 1970) y centroeuropea (GROSS-UFFENORDE *et al.*; 1972; .OLIVER 1967), sobretodo respecto a la edad de las formaciones rocosas y la afectación tectónica polifásica de los materiales paleozoicos. Paralelamente a la escuela holandesa, la escuela catalana centraron sus esfuerzos en el principado (SOLER-SABARÍS y LLOPIS-LLADÓ, 1948; LLOPIS-LLADÓ, 1965, 1966 i 1969) después de publicar la hoja de Berga a 1:250.000 (SOLER-SABARÍS y LLOPIS-LLADÓ, 1946). Precisamente en esta etapa, con el fin de justificar por parte de cada escuela su visión cartográfica de los Pirineos, los geólogos sitúan de forma precisa la ubicación de yacimientos fosilíferos que permiten datar los materiales cartografiados.

3) La tercera etapa es consecuencia de la evolución del conocimiento geológico de los Pirineos meridionales. Una vez reconocida la disposición espacial de los límites entre los diferentes materiales geológicos, el nuevo reto es explicar la estructura de los Pirineos y como se han emplazado sus materiales. En referencia a los materiales Paleozoicos andorranos existe abundante bibliografía inédita (CIRÉS, 1986; CAPELLÀ, 1988; CAPELLÀ, 1991; ALÍAS, 1990; POBLET, 1987; POBLET, 1990; ESPINOLA, 1997) de la cual se ha publicado una parte de la misma (EECKHOUT, 1986a y 1986b; CARRERAS, 1986; CARRERAS y CIRÉS, 1986; EECKHOUT y ZWART, 1988; CASAS *et al.* , 1989; CASAS y POBLET, 1989; CIRÉS *et al.* , 1990; AYORA *et al.* , 1990; POBLET y ENRIQUE, 1990; CARDELLACH *et al.* , 1992; ALÍAS y LIESA, 1992; ALÍAS y CIRÉS, 1994; ESPINOLA *et al.*, 1996; CAPELLÀ, 1997; ESPINOLA y SOLER, 1998; CASAS y MASACHS, 2002), pero no sitúan ni amplían en la descripción estratigráfica los yacimientos fosilíferos encontrados por los anteriores autores. Este hecho hace que la localización de nuevos yacimientos paleontológicos, o simplemente la corroboración de los ya descritos, sea prácticamente nula, únicamente los trabajos del tercer cuarto de siglo XX representan una buena fuente de información para el objetivo marcado.

A partir de las referencias bibliográficas consultadas se obtuvo un potencial de 28 localidades fosilíferas, situándose principalmente en los sectores con estructuras anticlinales, como en el anticlinal de La Massana y en el domo de la Rabassa al sur del Principado. Del vaciado bibliográfico se concluyó también que únicamente era posible encontrar invertebrados fósiles, básicamente corales, graptolitos y artrópodos, de edades comprendidas entre el Ordovícico medio (Caradoc, 449-456 Ma) y el Devónico medio (Eifeliense-Givetense, 370-391 Ma).

4. INVENTARIO REALIZADO

Finalmente en la fase de reconocimiento de campo se inventariaron en un primer momento más de 36 puntos con restos fósiles en diferentes formaciones litológicas del Principado. Las formaciones litológicas que más abundancia de restos fósiles presentan son en primer lugar el Silúrico y la formación Cava y la Fm. Estana de edad Cambro-Ordovícica, mientras que la formación Seu, la formación Ansobell y la formación Cava también del Cambro-Ordovícico presentan más de un afloramiento fosilífero. Los puntos inventariados son:

TABLA 1							
Material	Formación	Autor	Tipología	Lugar	X	Y	Numero
Pizarras	Fm Estana	Hartevelt	Crinoideos	Arcavell	1484	31955	1a
Pizarras	Fm Estana	Hartevelt	Braquiópodos	Arcavell	1486	31913	1b
Pizarras	Fm Estana	Hartevelt	"Burrow"	Arcavell	1488	32024	1c
Areniscas	Fm Estana	Nuevo	Braquiópodos	Roc de Pimes	1523	34062	2a
Pizarras	Silurià	Nuevo	"Burrow"	Caborreu	1529	34870	2b
Areniscas	Silurià	Nuevo	"Burrow"	Caborreu	1536	35257	2c
Areniscas	Fm Cava	Hartevelt	Braquiópodos	Caborreu	1553	35485	3a
Areniscas	Fm Cava	Hartevelt	Cistinidos	Caborreu	1559	35094	3b
Areniscas	Fm Cava	Hartevelt	Braquiópodos	Caborreu	1566	35517	3c
Areniscas	Fm Cava	Hartevelt	Crinoideos	Caborreu	1583	35358	3d
Calcoesquistos	Fm Rueda	Hartevelt	Crinoideos	Les Pardines	1620	28142	4
Pizarras	Silurià	Nuevo	Graptolitos	Pic Negre	1774	36166	5
Pizarras	Fm Estana	Hartevelt	Braquiópodos	Torre Soldats	1790	36772	6
Pizarras	Fm Estana	Nuevo	Braquiópodos	Bonavista	1818	30489	7a
Pizarras	Fm Estana	Hartevelt	Braquiópodos	Aixirivall	1840	30764	7b
Areniscas	Fm Cava	Nuevo	Braquiópodos	Llumeneres	1890	31861	8
Cuarcitas	Bar	Hartevelt	Crinoideos	Llumeneres	1946	32178	9
Pizarras	Silurià	Oliver	Graptolitos	Bixessarri	2079	28373	10a
Areniscas	Silurià	Nuevo	"Burrow"	Bixessarri	2085	28206	10b
Pizarras	Silurià	Nuevo	Gasterópodos	Bixessarri	2087	28307	10c
Pizarras	Silurià	Oliver	Graptolitos	Bixessarri	2087	28455	10d
Pizarras	Ansobell	Hartevelt	Crinoideos	Anyos	2643	33070	11
Pizarras	Fm Seu	Llopis	Crinoideos	Lloset Encamp	2702	38914	12
Pizarras negras	Silurià	Llopis	Graptolitos	Coll Botella	2699	27817	13
Pizarras grises	Ansobell	Nuevo	Crinoideos	Port de Cabús	2753	25146	14a
Pizarras grises	Ansobell	Nuevo	Crinoideos	Port de Cabús	2763	24878	14b
Pizarras negras	Silurià	Llopis	Ortocerátidos	Setúria	2774	26427	14c
Pizarras negras	Silurià	Llopis	Crinoideos	Port de Cabús	2780	24789	14d
Pizarras negras	Silurià	Llopis	Ortocerátidos	Setúria	2815	26430	14e
Pizarras negras	Silurià	Nuevo	Crinoideos	Setúria	2882	26121	14f
Pizarras negras	Silurià	Llopis	Braquiópodos	Port Negre	2989	26971	15a
Pizarras negras	Silurià	Llopis	Ortocerátidos	Port Negre	2998	26830	15b
Pizarras negras	Silurià	Llopis	Crinoideos	Port Negre	3002	26714	15c
Pizarras negras	Silurià	Llopis	Braquiópodos	Port Negre	3005	26797	15d
Calcoesquistos	Fm Basibé	Nuevo	Crinoideos	Port Negre	3024	26907	15e
Carbonatos	Fonchanina	Zwart	Coral	Port Negre	3040	26701	15f
Calcoesquistos	Castanyesa	Llopis	Crinoideos	Arans	3175	33072	16

Por la abundancia de especies fósiles se han de citar los crinoideos y los braquiópodos, que muy frecuentemente se encuentran fragmentados. También hay que señalar una cierta abundancia de graptólitos y ortocerátidos en los terrenos del Silúrico. Asociados con los restos fósiles también se observan marcas de bioturbación “burrows” y algunas lumaquelas formadas por trozos de crinoideos y por braquiópodos. Finalmente los corales y los cistínidos son prácticamente testimoniales, así como la posible presencia de un céfalon de trilóbitos en la Fm. Ansobell de Anyós.

Recientemente nuevos estudios han permitido ubicar tres nuevos yacimientos asociados a materiales del Silúrico y del Devónico.

TABLA 2							
Material	Formación	Autor	Tipología	Lugar	X	Y	Numero
Pizarras	Silúrico	Nuevo	Ortocerátidos	Pal-Xixerella	2797	30000	17
Pizarras	Silúrico	Nuevo	Graptolitos	Anyós	2607	33511	18
Pizarras negras	Silúrico	Nuevo	Ortocerátidos	El Forn	2835	41123	19a
Calcoesquistos	Mañanet	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2844	40953	19b
Pizarras negras	No in situ	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2852	40982	19c
Pizarras negras	Silúrico	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2845	40976	19d
Pizarras negras	Silúrico	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2846	40963	19e
Pizarras negras	No in situ	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2844	40867	19f
Pizarras negras	No in situ	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2833	40657	19g
Calcoesquistos	Rueda	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2841	40927	19h
Pizarra y calcárea	Fonchanina?	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2839	40903	19i
Pizarras negras	No in situ	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2816	40880	19j
Calcoesquistos	Rueda?	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2816	40877	19k
Pizarra y calcárea	Fonchanina?	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2822	40783	19l
Pizarras negras	Silúrico	Nuevo	Crinoideos	El Forn	2822	40783	19m

5. ÁREAS DE PRESUNCIÓN PALEONTOLÓGICA

La propuesta de protección se ha vertebrado en dos áreas, la más importante de las cuales representa ser la superficie donde han sido reconocidos restos fósiles (zona J1), y por tanto representa ser el yacimiento fosilífero en si, mientras que la segunda es la zona de presunción paleontológica (zona J2), de criterio estrictamente geológico (capa geológica susceptible de contener más yacimientos fosilíferos, capa potencialmente fosilífera). La relación entre las dos áreas pone de manifiesto el grado de incertidumbre de encontrar más yacimientos fosilíferos fuera de las áreas reconocidas, siendo ésta mayor cuanto menor sea el valor de la relación J2/J1.

La suma total del área de yacimientos fosilíferos reconocidos es de 99,6 Ha (J1), mientras que la superficie total de las formaciones litológicas directamente asociadas es de 797,7 Ha (J2). La relación entre estas dos variables es la siguiente:

$$J2 / J1 \approx 8$$

Así pues las zonas de presunción paleontológica son de media ocho veces más extensas que las áreas que contienen restos fosilíferos reconocidos (yacimientos fosilíferos).

La relación entre áreas viene a ser una medida de la probabilidad de encontrar fósiles en una determinada litología (gráfico 1). Se observa que no hay ninguna área de presunción fosilífera que supere el 50% de encontrar fósiles.

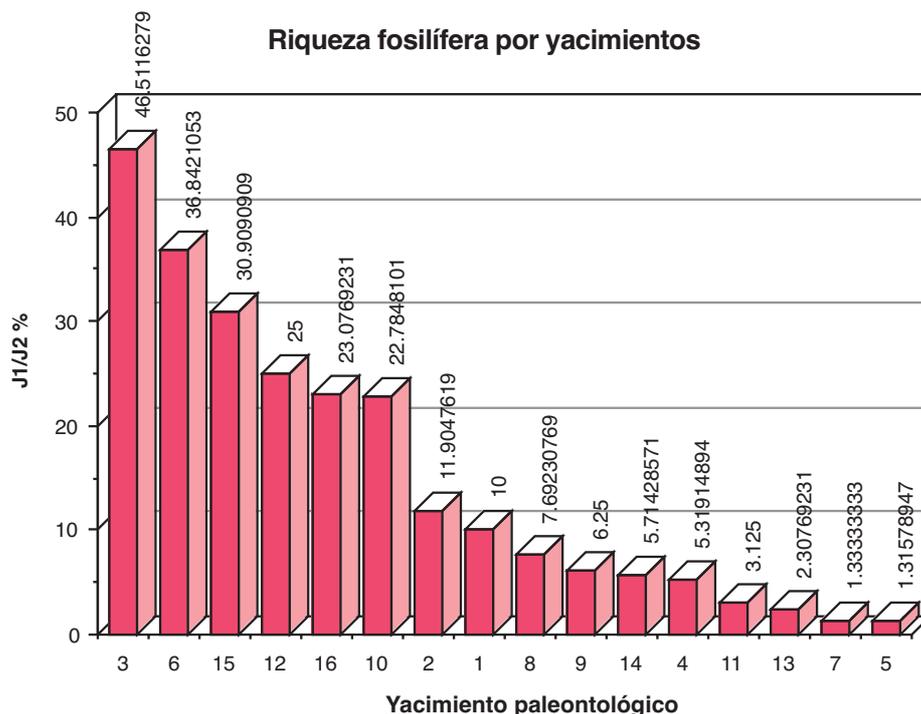


Gráfico 1: Riqueza fosilífera en relación a la extensión litológica susceptible de ser fosilífera.

6. VALORACIÓN DEL RIESGO

La valoración se ha efectuado desde el punto de vista del riesgo a la desaparición o destrucción a corto espacio temporal. El concepto de riesgo (R) se pondera en base a la vulnerabilidad (V) que presenta un determinado afloramiento a la exposición respecto a su interés paleontológico (P), de forma similar a la manera que se tiene en geomorfología o en hidrogeología de evaluar el riesgo.

Dado que ninguno de estos afloramientos presenta un interés espacial que no pueda presentar también el resto de la cadena montañosa, nos hemos basado en criterios de estado de conservación de los fósiles, la cantidad de especies (biodiversidad) y número de ejemplares, así como la existencia o no de individuos enteros.

TABLA 3				
Lugar	P	V	R	Nº
Arcavell	5	1	2	1a
Arcavell	5	1	2	1b
Arcavell	5	1	2	1c
Roc de Pimes	8	3	4	2a
Caborreu	5	1	2	2b
Caborreu	4	1	2	2c
Caborreu	9	5	7	3a
Caborreu	9	1	3	3b
Caborreu	9	5	7	3c
Caborreu	9	5	7	3d
Les Pardines	2	6	3	4
Pic Negre	10	1	3	5
Torre Soldats	8	1	3	6
Bonavista	9	10	10	7a
Aixirivall	9	10	10	7b
Llumeneres	2	1	2	8
Llumeneres	2	1	2	9
Bixessarri	8	1	3	10a
Bixessarri	4	8	5	10b
Bixessarri	4	8	5	10c
Bixessarri	8	1	3	10d

Los criterios que se han tenido en cuenta en el momento de valorar la peligrosidad ha sido siempre la accesibilidad al afloramiento inventariado (camino, pista, carretera, urbanización, población..), así como las actividades que se practican (acceso rodado, treking, pistas de esquí, explotación agropecuaria, explotación turística).

Finalmente se ha ponderado en una escala de 0 a 10 el riesgo (once valores) de cada afloramiento fósil según la ecuación:

$$R = V \times P$$

TABLA 3				
Lugar	P	V	R	Nº
Anyos	4	8	5	11
Lloset Encamp	0	1	0	12
Coll Botella	5	8	6	13
Port de Cabús	3	1	2	14a
Port de Cabús	3	1	2	14b
Setúria	3	5	4	14c
Port de Cabús	9	3	4	14d
Setúria	6	5	5	14e
Setúria	0	3	0	14f
Port Negre	8	8	8	15a
Port Negre	8	8	8	15b
Port Negre	8	8	8	15c
Port Negre	8	8	8	15d
Port Negre	8	8	8	15e
Port Negre	10	4	6	15f
Arans	0	1	0	16

Esta fórmula presenta la propiedad conmutativa entre la vulnerabilidad y el interés paleontológico, de forma que el riesgo puede tener el mismo valor para situaciones de vulnerabilidad conmutables con el interés del lugar fosilífero. Valores bajos de R implica que el yacimiento no es importante o bien se encuentra en un lugar muy poco accesible, mientras que si el valor es elevado implica que el yacimiento se encuentra en un lugar de mucha actividad o frecuentación siendo a la vez de importante valor científico para el Principado.

7. PROPUESTA DE PROTECCIÓN

En base a los criterios anteriormente expuestos se concluye que existen un total de 44 afloramientos fosilíferos agrupados en 19 yacimientos paleontológicos, los cuales tienen asociadas igualmente 19 zona de presunción paleontológica que representa un total de 800 Ha (el 1,7 % del territorio andorrano). La evaluación del riesgo de destrucción de los yacimientos paleontológicos, ateniendo la calidad y cantidad de los individuos fósiles presentes, sirve como criterio de protección. Así pues se recomienda de forma inmediata la protección de los yacimientos de más alto valor de riesgo y riqueza paleontológica, así como evaluar la posibilidad de protección de todos aquellos yacimientos que superen el grado 4 de la escala de riesgo anteriormente expuesta.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos aquí al Dr. Peter Mey, así como al Dr. Henk Zwart y al Dr. Jaap Hartevelt por la documentación cartográfica suministrada y comentada. Agradecemos también las ayudas a este trabajo que personas aficionadas a los fósiles han hecho posible la localización de nuevos yacimientos, especialmente a la Dra. Montse Masses y a la Sra. Teresa Michels. Agradecemos también al Institut d'Estudis Andorrans por el material cartográfico subministrado.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALÍAS, G. (1990) El metamorfismo regional hercinià del sector SW dels massissos de l'Aston i de l'Ospitalet (Pirineu Central); Tesi de Llicenciatura, Universitat de Barcelona (inèdita), 118pp
- ALÍAS, G. i LIESA, M. (1992) *Secuencia de reacciones metamórficas en las rocas de grado medio (zona and-st-cd) del extremo SO de los macizos del Aston y del Hospitalet (Pirineo Central)*; ACTAS DEL III CONGR. GEOL. DE ESPAÑA Y VII CONGR. LATINOAM. DE GEOL. SIMPOSIOS, t. 2, 19-28
- ALÍAS, G. i CIRÉS, J. (1994) Geologia del basament hercinià del NW d'Andorra; *Annals 1992 de l'Institut d'Estudis Andorrans*, Barcelona, 61-85
- AYORA, C.; CARDELLACH, E. i DELGADO, J. (1990) Gold-bearing hedenbergite skarns from the SW contact of the Andorra granite (Central Pyrenees, Spain); *Mineral Deposita*, 25S, 59-68
- BERTRAND, L.; MENGEL, O. i LONGCHAMBON, M. (1912) FEUILLE L'HOSPITALET N° 256, DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉ DE LA FRANCE AU 80.000^e ET NOTICE EXPLICATIVE, Escala 1:80.000, Paris
- BERTRAND, L. (1940) Sur la structure géologique du versant Nord des Pyrénées; *Bull. Serv. carte. Géol. de France*, T XLII, Num. 204, 205-282
- BLADÉ, J.F. (1875) ÉTUDES GÉOGRAPHIQUES SUR LA VALLÉE D'ANDORRE., Universelle, Paris, 97 pp
- BOISSEVAIN, H. (1934) Etude géologique et morphologique de la vallée de la Haute-Sègre; *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse*, 66, 33-170
- CAPELLÀ, I. (1988) ESTUDI ESTRUCTURAL DEL SINCLINAL DE LLAVORSÍ ENTRE ELS RIUS CIVÍS I VALIRA (ANDORRA-LLEIDA); Tesi de Llicenciatura de la Facultat de Ciències, secció de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona (Inèdita), 104 pp
- CAPELLÀ, I. (1991) VARIACIÓ DE L'ESTIL ESTRUCTURAL A L'HERCINIÀ DEL PIRINEU. INFRAESTRUCTURA-ZONA DE TRANSICIÓ-SUPRAESTRUCTURA; Tesi doctoral, Facultat de Ciències, secció de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona (Inèdita), 160 pp
- CAPELLÀ, I. (1997) Strain analysis in the Axial Zone of the Variscan Basement of the Pyrenees; *Geologie en Mijnbouw*, 75, 361-371
- CARDELLACH, E.; AYORA, C.; SOLER, A. i DELGADO, J. (1992) The origin of fluids involved in the formation of gold-bearing skarns of the Andorra granite (Central Pyrenees, Spain): sulfur isotope data; *Mineralogy and Petrology*, 45, 181-193
- CARRERAS, J. (1986) *Els granitoides herciniàns i les roques filonianes associades*; GEOLOGIA I, HISTÒRIA NATURAL DELS PAÏSOS CATALANS, Enciclopèdia Catalana (Ed.), Barcelona, 154-157
- CARRERAS, J. i CIRÉS, J. (1986) The geological significance of the western termination of the Merens fault at Port Vell (Central Pyrenees); *Tectonophysics*, 129, 99-114
- CARRERAS, J. i CAPELLÀ, I. (1994) Tectonic levels in the Paleozoic basement of the Pyrenees: a review and new interpretation; *Journal of Structural Geology*, V.16, N. 11, 1509-1524
- CASAS, J.M^a. i POBLET, J. (1989) Essai de restitution de la déformation dans une zone avec plis et chevauchements: le "sinclinal de Llavorsi", dans les Pyrénées centrales (Espagne); *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 308, série II, 427-433

- CASAS, J.M^a.; DOMINGO, F. POBLET J. i SOLER, A. (1989) On the role of the Hercynian and Alpine thrusts in the upper Paleozoic rocks of the Central and Eastern Pyrenees; *Geodinamica Acta*, 3, 2, 135-147
- CASAS, J.M^a.; PARÉS, J.M. i MEGÍAS, L. (1998) La fábrica magnética de los materiales cambroordovícicos del Anticlinal de la Massana (Andorra, Pirineo Central); *Rev. Soc. Geol. España*, 11 (3-4), 317-329
- CASAS, J.M^a. y MASACHS, I. (2002) El mapa geològic digital d'Andorra a escala 1:50.000; *Horitzó Revista* (Institut d'Estudis Andorrans, Ed.), 2, 3-10
- CAVET, P. (1957) Le Paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées orientales françaises entre le Roussillon et l'Andorre (Étude stratigraphique et paléontologique); *Bulletin du Service de la Carte Géologique de la France*, Paris, 55, 254, 303-518
- CHEVALIER, M. (1906) Sur les glaciers Pleistocènes dans les vallées d'Andorre; *Cte. R. Acad. Sciences*, T. XLI, 662-663
- CHEVALIER, M. (1907) Les glaciaires Pleistocènes dans les Vallées d'Andorre; *Rev. Scientifique (rev. rose)*, N° 23, T. VII, 501-502
- CHEVALIER, M. (1924) Contribution à l'étude des Pyrénées. Note sur les terrains Néogènes des Vallées du Valira, *Butll. de la I.C.H.N.*, Vol. IV, N° 9, 177-190
- CHEVALIER, M. (1925a) ANDORRA, Ed. Dardel, 106 pp, Chambéry
- CHEVALIER, M. (1925b) CARTE TOPOGRAPHIQUE D'ANDORRA, Escala 1:40.000
- CHEVALIER, M. (1926) Essai sur la physiographie de la Catalogne. Les formes topographiques et leurs relations avec la structure géologique. Leur évolution pendant les temps quaternaires, *Butll. I.C.H.N.*, Vol. XXVI, 25-41
- CHEVALIER, M. (1929) Contribution a l'étude de la tectonique des Pyrénées et de la Catalogne; *Butll. Ins. Cat. Hist. Nat.*, v. XXIX, Barcelona, 157-172
- CHEVALIER, M. (1933) Structure orogénique du versant méridional des Pyrénées Orientales et Centrales; *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, XXXIII, Barcelona, 262-289
- CIRÉS, J. (1986) ESTUDI DELS TERRENYS METAMÒRFICS DE L'ACABAMENT OCCIDENTAL DELS MASSISSOS DE L'ASTON I DE L'HOSPITALET, I DE LA SEVA RELACIÓ AMB LA FAIXA MIL.LONÍTICA DE MERENS (EL SERRAT, ANDORRA); Tesi de llicenciatura de la Universitat de Barcelona (Inèdita), 91 pp.
- CIRÉS, J.; ALÍAS, G.; POBLET, J.; CASAS, J.M.; (1990) La estructura del anticlinal de La Massana (Hercínico del Pirineo central); *Geogaceta*, (8), 42-44
- CLARIANA, P. (2004). "Nova cartografia geològica a escala 1:25.000 del sinclinal de Tor-Casamanya. Estudi estratigràfic i estructural; *Horitzó*, 6, 3-15
- CLARIANA, P. (2007). "Estudi estratigràfic i estructural de la zona del Serrat-Arcalís; *Horitzó* 11, 3-21
- CLOSAS, J. (1934) Dades per a la mineralogia d'Andorra; *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, T. XXXIV, 240-248
- DALLONI, M. (1930) Étude géologique des Pyrénées Catalanes, *Ann. Fac. Scien. Marseille*, T. XXVI, Fasc. III, Vol. 1, 373 pp
- DERAMOND, J; MIROUSE, R. et SOULA, J.C. (1971) Déformations hercyniennes superposées dans la vallée de la Valira del Oriente (Pyrénées andorranes); *C.R. Somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 16, p 123.
- DEREVELL, F.H. (1889) Carte topographique, Escala 1:80.000
- DESRAMOND, J. et SOULA, J.C. (1971) Orientation des structures hercyniennes et rôle des anisotropies dans les Pyrénées ariégeoises et andorranes; *C.R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, t. 272, 2653-2556
- van den EECKHOUT, B. (1986a) A case study of a mantled gneiss antiform, the Hospitalet massif, Pyrenees (Andorra, France); *Geologica Ultraiectina*, (45), 196 pp
- van den EECKHOUT, B. (1986b) Cambro-Ordovician lithostratigraphy in the Hospitalet massif (Pyrenees); *Hercynica*, 11, 167-173
- van den EECKHOUT, B. i ZWART, H.J. (1988) Hercynian crustal-scale extensional shear zone in the Pyrenees, *Geology*, (16), 135-138
- ESPINOLA, M.R.; SOLER, A. i ARCOS, D. (1996) Las mineralizaciones de wolframio asociadas a la granodiorita de Santa Coloma (Andorra); *Geogaceta*, 20 (7), 1586-1589

- ESPINOLA, M.R. (1997) Estudi de l'hidrotermalismo associat a la granoriorita de Santa Coloma (Andorra); Tesi de Llicenciatura, Universitat de Barcelona (Inèdit), 94 pp
- ESPINOLA, M.R. i SOLER, A. (1998) La presencia de scheelita en els sediments del riu d'Aos: Caracterització de les mineralitzacions font; *Annals 1996 de l'institut d'Estudis Andorrans*, Barcelona, 13-44
- FAURA I SANS, M. (1913) Síntesi estratigràfica de los terrenos primarios de Cataluña; *Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. IX, N^o1, 5-202
- GROSS-UFFENORDE, H.; KRYLATOV, S., STOPPEL, D. (1972) Sur quelques synclinoriums à coeur réputé carbonifère des Pyrénées espagnoles; *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t.274, 1885-1888
- HARTEVELT, J.J.A. (1970) Geology of the upper Segre and Valira valleys Central Pyrenees, Andorra/Spain, Sheet 10, *Leidse Geol. Med.*, 45, 167-236
- LENGELÉE (1777) CARTE GEOGRAPHIQUE DE LA VALLÉE D'ANDORRE, Escala 1:60.000
- LLOPIS-LLADÓ, N. (1965) Sur le Paléozoïque inférieur de l'Andorra; *Bull. Soc. Géol. Fr.* (7), 7, 652-659
- LLOPIS-LLADÓ, N. (1966) Sobre la estratigrafia del silúrico de Andorra y el límite Silúrico-Devónico; *Pirineos*, Números 81-82, 79-85
- LLOPIS-LLADÓ, N. (1969) Estratigrafia del Devónico de los valles de Andorra; *Mem. Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, Época tercera Num. 738, Vol. XXXIX, Num 7., 221-290
- LLOPIS-LLADÓ, N. (1970) Mapa geológico de Andorra 1:25.000; Cuadernos de geología ibérica, Madrid, 1, 347-348, hojas 1, 2, 4, 5 y 6
- LLOBET, S (1947). "El medio y la vida en Andorra, estudio geográfico. CSIC. Inst. Juan Sebastián Elcano-Estación de estudios pirenaicos. Barcelona. 347 pp.
- MARCET, J. (1930) Las terrazas del NE de España; *Mem. R. Ac. de C. y A.*, T. XXII, n^o 7, 129-174
- MARTÍ, J. (1994) L'EXCURSIONISME CIENTÍFIC; Ed. Alta Fulla, Barcelona, 168 pp
- MENGEL, O. (1913) Feuille de l'Hospitalet au 80.000^e, Escala 1:80.000; *Bull. Soc. Géol. Fra., Comt. Rend. Coll.*, T. XXII, n^o 133, Paris, 159-164
- MUSSY, M. (1870) CARTE GÉOLOGIQUE ET MINÉRALURGIQUE DU DÉPARTEMENT DE L'ARIÈGE AU 80.000^e, Escala 1:80.000, Foix
- NUSSBAUM, F. (1934) Die seen der Pyrenäen, *Mitt. Nat. Ges.*, 184 pp, Berna. (Traducció catalana de SOLÉ. L.: Els llacs dels Pirineus segons Nussbaum, *Buill. de la I.C.H.N.*, Vol. XXXVI, II^{on} trimestre, 107-115, Barcelona 1936)
- NUSSBAUM, F. (1956). "Observations morphologiques dans la region de la Noguera Pallaresa". *Pirineos*. XII. Núms. 39-42. 57-99 pp.
- OLIVER, P.G. (1967) Graptolite evidence for rocks o Llandoveryan (Silurian) age in south-western Andorra; *Geol. Mag.*, 104/4, 390-392
- PANZER, W. (1926) Talentwicklung und eiszeitklima im nordöstlichen Spanien, *Abhand. den Senckenberg. Naturs. Ges.*, Bd. 39, Heft 2, 141-182
- PANZER, W. (1927) Andorra; *Geographischer Anzeiger*, 28, Heft 3, 82-88
- PENCK, A. (1883) Die Eiszeit in der Pyrenäen, *Mitteilungen des Vereins für Erdkunde*, 163-231, Leipzig. (Traducció francesa de BRAEMER, L.: La période glaciare dans les Pyrénées, *B.S.M.N.*, XIX, 105-200, Toulouse 1885)
- POBLET, J. (1987) ESTUDI GEOLÒGIC DEL SECTOR CENTRAL DEL SINCLINAL DE LLAVORSÍ (PIRINEU CENTRAL). Tesi de Llicenciatura, Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (Inèdita), 163 pp
- POBLET, J. (1990) ESTRUCTURA HERCINIANA I ALPINA DEL VESSANT SUD DE LA ZONA AXIAL DEL PIRINEU CENTRAL; Tesi doctoral, Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (Inèdita), 604 pp
- POBLET, J. i ENRIQUE, P. (1990) Las rocas hipoabisales hercinianas y terdi-hercinianas del sector centro-oriental del sinclinal de Llavorsí (Pirineo Central); *Acta Geol. Hispanica*, Vol. 25, (3), 227-236
- PUITG, A. (1788) CARTA GEOGRAPHICA DE LES VALLS NEUTRAS DE ANDORRA; PART DE CERDANYA; CONFINS DE PALLAS, Y DEL COMTAT DE FOIX, Escala gràfica
- RIERA, P. (1849) MAPA DE LOS VALLES DE ANDORRA, Escala 1:117000.

- ROUSSEL, J. (1893) Étude stratigraphique des Pyrénées; *Bull. Cart. Géol. France*, 35 pp
- ROUSSEL, J. (1906) Feuilles de Foix, l'Hospitalet et Prades au 80.000^e, Escala 1:80.000; *BSGF, C. R. Coll.*, T. XVII, Núm. 115, Paris, 225-226
- SCHMIDT, H. (1931) Das Paläozoikum der spanischen Pyrenäen; *Abh. Ges. Wiss. Göttingen math.-Phys.. Kl.* 3, Folge, H. 5, no. 8, p 1-85
- SOLÉ i LLOPIS, N. (1946) EXPLICACIÓN DE LA HOJA 216 BELLVER; Mapa 1:250.000, IGME (Ed), 109 pp
- SOLÉ SABARÍS, L. i LLOPIS LLADÓ, N. (1948) MAPA GEOLÓGICO DE ANDORRA; Instituto de Estudios Ilerdenses, 1:50.000
- THOS, S. (1884) Reconocimiento físico-geológico-minero de los valles de Andorra; *Bol. Com. Mapa Geol. de España*, T. XI, 183-207
- THOS, S. (1885a) *Reconocimiento físico-geológico-minero de los valles de Andorra*; (MARIOL i LÓPEZ, Ed.), Barcelona, 94 pp
- THOS, S. (1885b) Nota aclaratoria sobre el croquis geológico de los valles de Andorra; *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, 21-23
- TURU, V. (1998a) "Els recursos del subsòl del Principat d'Andorra"; Actes de l'onzena diada d'Andorra a la XXX Universitat Catalana d'Estiu de Prada de Conflent, 14 al 24 d'agost de 1998, (Societat Andorrana de Ciències, Eds.), 19-42
- ZAMORA, F. (1788) Diario de los viajes hechos en Cataluña; Ramon Boixareu Editor, Curial (Ed.), Barcelona, 1973
- ZWART, H.J. (1965) Geological map of the central Pyrenees, sheet 6, (Aston, France, Andorra, Spain), Escala 1:50.000; *Leidse Geologische Mededelingen*, 33, 191-254
- ZWART, H.J. i HARTEVELT, J.J.A. (1968) Geological map of the Paleozoic of Andorra, Central Pyrenees; 1:50.000; Internal report of Leidse University (Inèdit).