



GEOCONSERVACIÓN Y GEOTURISMO DEL  
PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO DE LA  
CUENCA DE RUBIELOS DE MORA: ESTRATEGIAS  
PARA SU PUESTA EN VALOR Y  
CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS ACTIVOS.

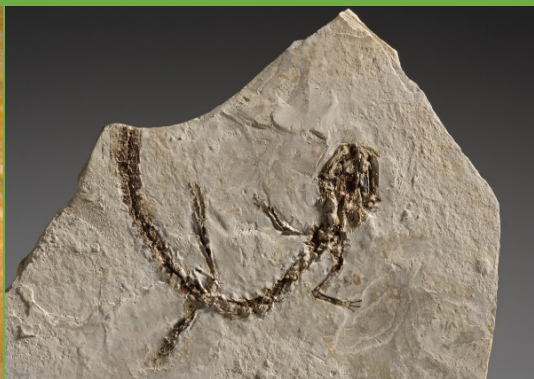
ADRIÁN ALADRÉN PÉREZ

JUNIO 2017

DIRECTORES:

BEATRIZ AZANZA

FRANCISCO GUTIERREZ



TRABAJO DE FIN DE MASTER: GEOLOGÍA

## ÍNDICE

<b>ABSTRACT/ RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO</b> .....	<b>6</b>
2.1. LA CUENCA DE RUBIELOS DE MORA .....	6
2.2. ESTRATIGRAFIA.....	7
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>9</b>
<b>4. PALEONTOLOGÍA</b> .....	<b>13</b>
4.1. YACIMIENTOS Y AFLORAMIENTOS PALEONTOLÓGICOS. ....	13
4.1.1. Yacimientos de mamíferos.....	14
4.1.2. Afloramientos de “ <i>Konservat Fossil-Lagerstätten</i> ”. ....	16
4.1.3. Localización de los yacimientos.....	19
<b>5. VALORACIÓN</b> .....	<b>20</b>
5.1. INTERÉS CIENTÍFICO Y TURÍSTICO.....	21
5.2. ESTADO PATRIMONIAL (DE CONSERVACIÓN). ....	24
<b>6. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS</b> .....	<b>26</b>
6.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS ACTIVOS CON AFECCIÓN A LOS YACIMIENTOS/AFLORAMIENTOS MÁS IMPORTANTES.....	32
<b>7. PLAN DE ACTUACIÓN</b> .....	<b>38</b>
7.1. CONSERVACIÓN.....	38
7.2. DIVULGACIÓN.....	41
7.2.1. Tema principal, subtemas y recursos tangibles e intangibles.....	41
7.2.2. Actividad. Guión de actividad y rutómetro. ....	42
7.2.4. Plan de actuaciones generales. ....	47
7.2.5. Diseño de los paneles informativos.....	48
7.2.6. Estimación de los costes y precio de la actividad.....	50
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>53</b>



## ABSTRACT/ RESUMEN

Lower and Middle Miocene rocks of the lacustrine basin of Rubielos de Mora (Province of Teruel in Gudar-Javalambre shire, Spain) are developed as extensive outcrops. These deposits have been the subject of numerous geological and paleontological studies, mainly due to the discovery of oil shales and organic-rich ritmites, which have yielded fossils of plants, insects and amphibians characterized by an excellent preservation. Also mammal sites of biostratigraphical interest are preserved in the successions of late Ramblian/ early Aragonian age. However studies on the heritage assessment, protection and management have received little attention so far despite the excellence of the outcrops, the fossil abundance of these deposits and the general interest of their conservation and diffusion. The present work intends to fill this gap with an analysis of the protection and diffusion strategies of this paleontological heritage, with the hope that it can help to incorporate these heritage resources of the basin of Rubielos de Mora in land planning and development of local economy and tourism. The conservation strategies for the paleontological heritage are not simple tasks due to its complex situation (outcrops and deposits are located in private areas, which are usually closed and protected with fences). For well planning the conservation strategies, it is first necessary to make a geologic risk analysis of this area. It is also necessary to match the conservation strategies by coupling the heritage conservation with educational/touristic plans in order to promote the social interest for this paleontological heritage.

Los depósitos del Mioceno Inferior y Medio de la cuenca lacustre de Rubielos de Mora (provincia de Teruel, España) han desarrollado grandes afloramientos. Estos afloramientos han sido sujeto de numerosos estudios geológicos y paleontológicos gracias al descubrimiento de pizarras bituminosas (oil shales) y depósitos de ritmitas ricas en materia orgánica, además de las apariciones de fósiles de plantas, insectos, y anfibios caracterizados por su excepcional conservación. También por la existencia de fósiles de mamíferos con un gran interés bioestratigráfico preservados en estas secuencias del Ramblense/Aragoniense inferior. El estudio de la situación patrimonial ha recibido poca atención a pesar de la excelencia de estos afloramientos, la abundancia de fósiles y el interés general de la conservación y divulgación de este patrimonio paleontológico. Este trabajo pretende rellenar ese vacío con la aportación de estrategias de divulgación y

conservación del patrimonio paleontológico, con la esperanza de que esto sirva para la incorporación de estos recursos patrimoniales de la cuenca de Rubielos de Mora en la ordenación territorial y el desarrollo de la economía local y el turismo. Las estrategias de conservación para el patrimonio paleontológico no son fáciles de identificar, este patrimonio se encuentra en una compleja situación (los afloramientos y los yacimientos se encuentran situados en zonas privadas, las cuales normalmente se encuentran inaccesibles y valladas). Para realizar una buena planificación de las estrategias de conservación y divulgación primero es necesario disponer de un análisis de los riesgos geológicos que afectan a esta zona y es necesario diseñar planes geoturísticos que sirvan para promover el interés social sobre este patrimonio paleontológico.

## **1. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS**

La paleontología es más que el estudio de los yacimientos y de los fósiles que estos contienen. Existe una demanda social que reclama la divulgación y protección de este patrimonio así como una integración de esta ciencia y sus resultados en los canales habituales de comunicación, incluyendo aspectos culturales, didáctico-turísticos y de cara a que esto tenga una validez en el futuro, también se reclaman actuaciones en cuanto al estado patrimonial (deterioro y riesgo de la integridad de los yacimientos) (Alcalá, 1999). Últimamente lo estamos viendo en el auge de centros de interpretación paleontológicos, y la musealización del patrimonio inmueble, que entre otras cosas sirven de promoción de pueblos pequeños atrayendo al público a la zona.

En la cuenca de Rubielos de Mora existen numerosos afloramientos de materiales del Mioceno inferior y medio. Estos materiales han sido ampliamente tratados en la bibliografía hasta la fecha, debido tanto a su importancia paleontológica como a su interés económico, principalmente de la explotación de las pizarras bituminosas (oil shales). Los antecedentes se resumen en la tabla 1.

Son aún escasos los estudios sobre la divulgación patrimonial de esta cuenca neógena, a pesar de la excelencia de sus afloramientos y de sus fósiles, y las medidas encaminadas a su protección o puesta en valor son inexistentes. En 1998 se celebraron en Rubielos de Mora las I Jornadas sobre el Patrimonio paleontológico de la provincia de Teruel, un congreso donde se trató de la importancia patrimonial de la cuenca de Rubielos de Mora sin incidir en su puesta en valor.

Autor/es y año	Descripción
FERNÁNDEZ-NAVARRO, 1914; GAVALA, 1921	Realizan estudios geológicos relacionados con la minería para la extracción de petróleo en los lignitos y pizarras bituminosas del Cerro Porpol.
HERNÁNDEZ-SAMPELAYO y CINCÚNEGUI, 1926	Aportan los primeros datos paleobotánicos.
CRUSAFONT ET AL. (1966)	Localizan el primer yacimiento de mamíferos miocenos.
AGUIRRE Y MOISSENET (1972)	Describen un rinoceronte y otros mamíferos.
BRUIJN Y MOLTZER (1974)	Estudian los micromamíferos del nuevo yacimiento RM 2 y citan niveles con insectos.
GIBERT (1975)	Define el insectívoro <i>Desmanella fejfari</i> en RM 2.
SANCHIZ (1977)	Cita en RM2 los anfibios <i>Chelotriton paradoxus</i> (Salamandridae) y <i>Rana pueyoi</i> (Ranidae).
ANADÓN (1983), GODOY Y ANADÓN (1986), ANADÓN ET AL. (1988A Y 1988B), PRADO ET AL. (1988) y Anadón et al. (1989 y 1991)	Estudios geológicos. Señalan la disposición asimétrica de los depósitos lacustres como consecuencia de su estructura de semi-graben. Interpretan las secuencias cíclicas en los depósitos de un lago meromítico.
ÁLVAREZ SIERRA Y DAAMS (1987).	Revisan la lista de los mamíferos de RM 2 y restringen la distribución de <i>Pseudotheridomys fejfari</i> (Eomyidae) al Aragoniense Inferior.
FERNÁNDEZ-MARRÓN y ÁLVAREZ-RAMIS, 1988; ÁLVAREZ-RAMIS FERNÁNDEZ-MARRÓN, 1994.	Estudian el polen y deducen el paleoclima.
LÓPEZ-MARTÍNEZ (1989).	Estudia los lagomorfos y establece que la edad de RM 1 y 2 es Aragoniense inferior.
MARTÍNEZ-DELCLÓS ET AL. (1989,1991).	Descubren el yacimiento de Río Rubielos y estudian los insectos por primera vez.
FERNÁNDEZ- RUBIO ET AL. (1991).	Describen el insecto <i>Zygaena? turolensis</i> .
ROIRON (1992).	Incluyen a Rubielos en su estudio de la macroflora del Neógeno del Sur de Francia y del Noreste de España.
MONTOYA ET AL. (1996).	Síntesis de la paleobiodiversidad. Descubren los yacimientos de Alto de Ballester de edad Ramblense y estudian de forma preliminar los mamíferos.
PEÑALVER ET AL. (1996), PEÑALVER (1997, 1998), PEÑALVER Y MARTÍNEZ-DELCLÓS (1997).	Tafonomía y estudio de la interacción insecto-planta. Mostró que orugas de Lepidoptera (mariposas en general) se alimentaban de <i>Zelkova</i> , <i>Salix</i> o <i>Myrica</i> en los alrededores del lago.
BARRÓN ET AL. (1996). FERRER ET AL. (1998).	Aparecen otras síntesis del contenido paleobotánico de Rubielos de Mora.
ALCALÁ (1997).	Estudia el polen de los afloramientos Alto de la Venta y Río Rubielos.
BARRÓN (1997). BARRÓN Y SANTISTEBAN (1999). BARRÓN Y DIÉGUEZ (2001).	Estudios paleobotánicos de la cuenca y evolución paleoclimática. Estudian los niveles nuevos de Barranco de Aguarroya.
HEIE Y PEÑALVER (1999). PEÑALVER (1998). PEÑALVER (2002)	Describen nuevos taxones y profundizan en la tafonomía y paleoecología de los insectos.
ROIRON ET AL. (1999).	Estudio de polen y reconstrucción paleoambiental en el afloramiento de Río estrecho.
PEÑALVER Y BAENA (2000). HERZECK ET AL. (2000).	Nuevas citas de insectos. Describen <i>Aragocylapus miocaenicus</i> .
RUBIO ET AL. (2000A Y 2000B), RUBIO (2001),	Nuevas aportaciones de macroflora en la cuenca de Rubielos de Mora.
VILLANUEVA (2006-2007).	Palinología del nuevo afloramiento La fuente del Rull.
JIMÉNEZ MORENO ET AL (2007 A Y B), URBAN ET AL 2010.	Palinología del sondeo Rubielos de Mora 1, isotopos de granos de polen y reconstrucción paleoambiental.
DEMIGUEL ET AL 2010, 2012	Infieren la dieta los ciervos de Alto de Ballester y reconstrucción paleoambiental.

Tabla 1. Resumen de los estudios geológicos y paleontológicos de la cuenca de Rubielos de Mora publicados hasta la fecha. Modificado de Aladrén, (2016).

Por otra parte, la explotación desde un punto de vista geoturístico de esta cuenca se ha iniciado con la instalación de la subselección Región Ambarina del Territorio Dinópolis en Rubielos de Mora, ya que si bien se centra en el interés de los fósiles de insectos cretácicos conservados en ámbar, también se exponen los restos de mamíferos miocenos, entre ellos del calicotérido encontrado en la cuenca.

Este trabajo pretende contribuir a proteger y divulgar adecuadamente estos yacimientos y afloramientos miocenos tomando como punto de partida los resultados de la valoración y evaluación de los recursos patrimoniales paleontológicos inmuebles llevada a cabo en el trabajo de fin de grado *Recursos patrimoniales de la cuenca Neógena de Rubielos de Mora* (Aladrén, 2016), que revisaremos desde este nuevo punto de vista. Divulgar desde un punto de vista patrimonial se hace indispensable para poder gestionar y proteger un lugar determinado, ya que conocer el interés científico y cultural es el primer paso para que en el medio rural sean conscientes de su importancia y lo valoren, también para que el público en general lo conozca y tenga interés en visitar estos lugares. Con ello, pretendemos conferirles una mayor proyección de la que hasta el momento poseen, y convertirlos en puntos sobre los que se haga necesaria la aplicación de algunas medidas que eviten su degradación y deterioro.

El marco legislativo en el que nos amparamos está recogido en varias leyes de ámbito comunitario europeo, estatal y regional (comunidades autónomas). Las de ámbito estatal son la Ley 6/1985 del Patrimonio Histórico Español, de 1985, y Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Las de ámbito regional, en este caso las pertenecientes a la comunidad autónoma de Aragón son la Ley 12/1997, del 3 de diciembre, de Parques Culturales de Aragón, la ley 3/1999, de 10 de marzo, del Patrimonio Cultural Aragonés y la Ley 11/2014, de 4 de diciembre, de Prevención y Protección Ambiental de Aragón.

Para este trabajo se enmarcan los siguientes objetivos:

1. Reconocer el patrimonio paleontológico inmueble de la zona, valorarlo y evaluarlo.
2. Realizar una cartografía geomorfológica que llevara a un análisis de riesgos geológicos, son igualmente imprescindibles para proponer medidas de protección específicas para el patrimonio paleontológico derivado del punto 1.



3. Realizar un plan divulgativo para el patrimonio paleontológico derivado del punto 1 con el fin de incrementar la economía local mediante actividades de índole geoturística.

En definitiva este trabajo pretende proponer un plan divulgativo y de conservación adecuado para los yacimientos/afloramientos mejor posicionados.

## **2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO.**

### **2.1 LA CUENCA DE RUBIELOS DE MORA**

Geográficamente la Cuenca Cenozoica de Rubielos de Mora se haya al SE de Aragón y al SE de la Cordillera Ibérica, en la comarca de Gúdar-Javalambre, perteneciente a la provincia de Teruel. Geológicamente es una cuenca lacustre de unos 15 km<sup>2</sup> y forma alargada (Fig.1) que está bordeada por fallas normales con orientación ENE-WSW (Anadón et al. 1989).

La Cordillera Ibérica ha sufrido dos periodos de estructuración diferentes desde el punto de vista tectónico: la estructuración del zócalo durante la Orogénesis Hercínica y la evolución alpina que marca su desarrollo como cadena y que consistió en:

- Individualización de la Cuenca Ibérica.
- Sedimentación de materiales mesozoicos en dicha cuenca y posteriormente su estructuración como cordillera durante la Orogénesis Alpina.
- Por último, una etapa distensiva y sedimentación postorogénica.

En la última etapa de estructuración de la Cordillera Ibérica (distensión y sedimentación postorogénica), durante el Paleógeno y Mioceno inferior, la cadena se deformó por esfuerzos compresivos transmitidos desde los bordes pirenaico y bético. A partir del Mioceno inferior-medio el sector sureste de la Cordillera Ibérica se vio sometido a una tectónica extensional, generando un sistema de horst y fosas de orientación NE-SW (Godoy y Anadón, 1986). Coincidiendo con esta etapa, durante el Mioceno inferior-medio se forma la cuenca de Rubielos de Mora. Se trata de una fosa tectónica de tipo semigraben, que, durante este periodo, es controlada por la formación de una cubeta sinclinal en el substrato del Cretácico Inferior (Guimerá, 1990). El relleno sedimentario de la cuenca ocurre durante el Mioceno inferior-medio.

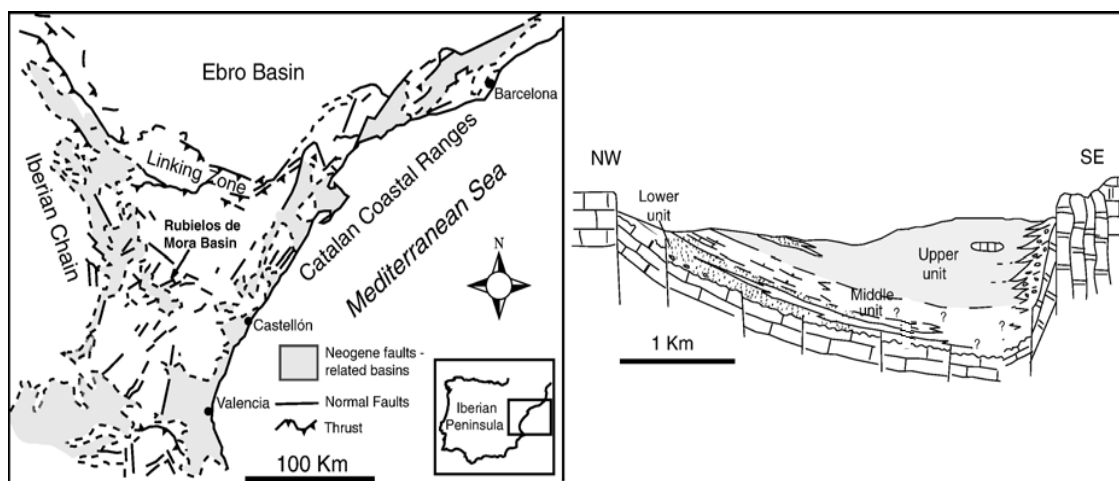


Figura 1. Localización de la cuenca de Rubielos de Mora y corte geológico con representación de las 3 unidades estratigráficas que la rellenan. Modificado de Jiménez-Moreno et al. 2007.

## 2.2 ESTRATIGRAFIA.

Tres unidades principales caracterizan el relleno sedimentario mioceno de la cuenca de Rubielos de Mora (Fig. 1, 2):

1. **Unidad inferior (A):** Tiene más de 300m de potencia y consiste en areniscas con intercalaciones de arcillas, se dispone discordante con el Cretácico Inferior y en su mayor parte está formada por depósitos aluviales (Anadón et al. 1991).
2. **Unidad media (B):** Tiene más o menos 100m de potencia, en el sector este de la cuenca consiste en depósitos lacustres formados por calizas bioclásticas con intercalaciones de lutitas, areniscas y lignitos bituminosos (Fernández-Navarro, 1914; Gavala, 1921). Experimenta un cambio entre áreas del este de la cuenca y áreas del oeste, donde las facies aluviales son dominantes y los depósitos lacustres son escasos.
3. **Unidad Superior (C):** Tiene unos 400m de potencia y muestra una gran variedad de facies. Aluviales, lacustres marginales, y facies lacustres abiertas (Anadón, 1983, 1988b, 1991). Registra un sistema lacustre profundo con permanente estratificación de las aguas. En la zona este de tener facies aluviales y depósitos gravitacionales subacuáticos (Debris Flows y Olistolitos) se pasa lateralmente a otros conjuntos de facies (subunidades):
  - I. Areniscas lacustro-aluviales de transición y rocas pelíticas (Anadón et al. 1991) o Facies lacustro-fluviales y Facies fluviales (E. Barrón y Diéguez, 2001).

- Facies fluviales: Se atribuye su medio de formación a los ambientes de un sistema fluvial con canales de baja sinuosidad y una amplia llanura de inundación con el desarrollo de pequeñas lagunas semipermanentes (E. Barrón y Diéguez, 2001).
- Facies fluvio-lacustres: Se presentan en niveles organizados con los términos más lacustres a muro y evidencias de somerización y exposición subaérea en su parte superior. Este tipo de facies puede interpretarse como depósitos de llanura deltaica y lóbulos de frente deltaico originados en el margen de un ambiente lacustre. (E. Barrón y Diéguez, 2001).

II. Carbonatos lacustres marginales (Anadón et al. 1991) o Facies lacustres terrígeno-carbonáticas (E. Barrón y Diéguez, 2001). Se distinguen por su variedad litológica, constituida por carbonatos, conglomerados y areniscas con interestratificados de margas. (E. Barrón y Diéguez, 2001).

- Los carbonatos forman parte de una secuencia de 40 m de espesor caracterizada por la presencia de unidades de calizas intercaladas con margas. Son carbonatos de origen orgánico, con cierta cantidad de componentes detríticos formados en un ambiente subacuático de agua dulce (E. Barrón y Diéguez, 2001).
- Los conglomerados se presentan a lo largo del margen sur de la cuenca. Constituyen unidades de hasta 9 m de espesor. Su depósito está ligado a flujos subacuáticos gravitatorios en masa (E. Barrón y Diéguez, 2001), asociados a la actividad de una de la falla limítrofe de la cuenca en su borde sur.
- Las areniscas se presentan en niveles de un espesor variable entre 10 cm y 2 m. Forman cuerpos con geometrías canaliformes o tabulares. Los cuerpos tabulares son de gran extensión. Se presentan interestratificados con margas y algunos de ellos muestran moldes de grietas de retracción por desecación (E. Barrón y Diéguez, 2001).

III. Facies lacustres abiertas compuestas de pizarras laminadas y carbonatos o Facies lacustres anóxico-carbonáticas (E. Barrón y Diéguez, 2001). En la zona más occidental, dependiendo del ciclo las facies lacustres son masivas o laminadas (Fig. 2) (Anadón et al. 1991). Dos alternancias de facies han sido reconocidas en esta subunidad (Anadón et al. 1988b, 1991):

- Facies no laminadas (a) (Anadón et al. 1988b, 1991) o carbonáticas (E. Barrón y Diéguez, 2001):
  - Margas blancas (a1). Contienen conchas de ostrácodos y macrofitos (Anadón et al. 1988b, 1991).
  - Calizas grises bioturbadas (a2). La bioturbación está asociada a raíces de plantas macrofitas subacuáticas, también existen semillas fósiles de *Potamogeton*. Otro contenido fósil de estas facies son carofitas, bioclastos de gasterópodos y ostrácodos dispersos en una matriz de grano fino (Anadón et al. 1988b, 1991).
- Facies laminadas (b) (Anadón et al. 1988b, 1991) o anóxicas (E. Barrón y Diéguez, 2001):
  - Arcillas arenosas (b1). Estas facies contienen, conchas de ostrácodos, carofitas y semillas de *Potamogeton*. (Anadón et al. 1988b, 1991).
  - Niveles bioclásticos (b2). Contienen semillas de *Potamogeton*, conchas de ostrácodos y otros bioclastos carbonáticos (carofitas) (Anadón et al. 1988b, 1991).
  - Pizarras (oil shales) (b3). A parte de restos clásticos de ostrácodos y semillas de *Potamogeton*, estas facies contienen esqueletos articulados de *Chelotrion paradoxus* (Salamandra) (B.Sanchiz en Anadón et al. 1988b). Aragoniense inferior (López Martínez, 1989).
  - Ritmitas (b4): Donde los restos son de especial conservación y contienen insectos, plantas, y plumas de ave, entre los que destacan la presencia de lepidóptero “*Zygaena*” *turolensis*. Incluyen además, restos de mamíferos



destacando la presencia de un Calicoterido y restos de Artiodáctilos rumiantes.

- Margas (b5). Muy finamente estratificadas contienen conchas de ostrácodos y bioclastos. Representan el último nivel de las facies laminadas (b) y a menudo son la transición a las facies no laminadas (a) (Anadón et al. 1988b, 1991)

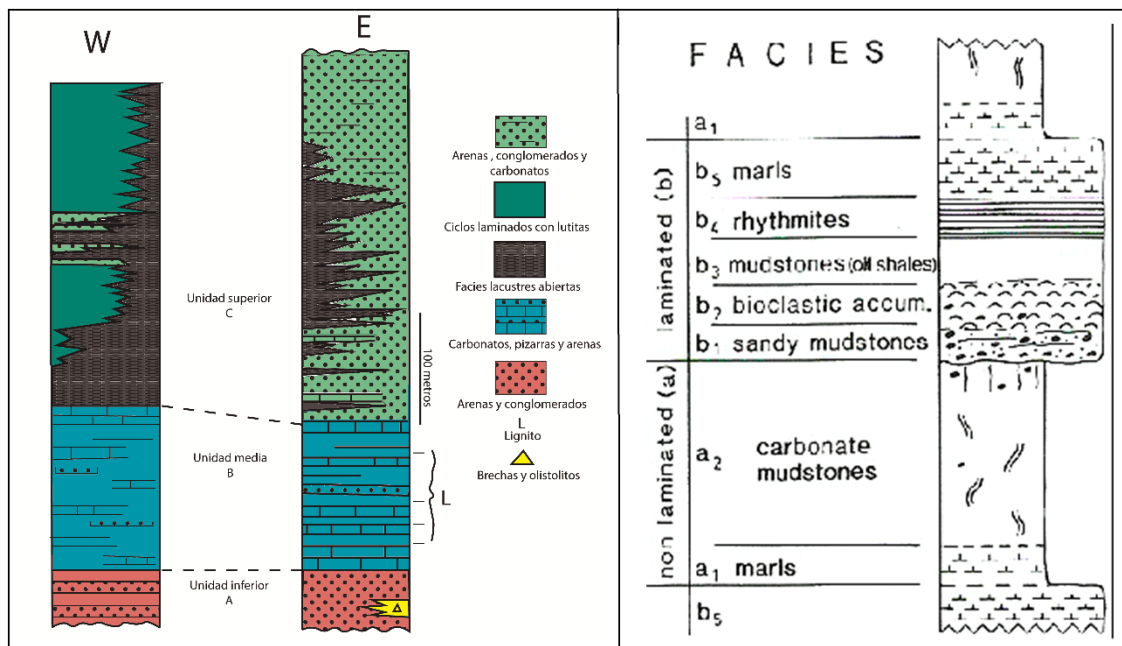


Figura 2. Izda. Columna estratigráfica general de la cuenca de Rubielos de Mora (sector occidental y oriental). Dcha. Síntesis de los ciclos laminados (anóxicos) y no laminados (óxicos), modificado de Anadón et al. (1991) y Anadón et al. (1988b).

### 3. METODOLOGÍA.

Para la realización de este trabajo se han seguido las siguientes fases:

1. Fase primera: Revisión de la valoración y evaluación del interés patrimonial.

		Criterios
	VALOR CIENTÍFICO	Naturaleza de los fósiles
		Edad Geológica
		Localidad tipo
		Preservación
		Asociación con restos arqueológicos
		Paleobiodiversidad
		Información tafonomica
		Interes Bio- Cronoestratigráfico
		Sitio de interés Geológico
		Sitio de interés Científico futuro
RIESGO A LA CONSERVACIÓN	VALOR SOCIOCULTURAL	Fragilidad
		Vertederos
		Vulnerabilidad ante el expolio
		Erosión
		Otros
CRITERIOS QUE APORTAN VALOR		Situación geográfica
		Valor histórico
		Interes didáctico
		Interés turístico
		Valor complementario
	VALOR SOCIO-ECONÓMICO	Valor urbano (Desarrollo)
		Desarrollo ligado a la explotación mineral
		Obras públicas
		Valor económico

Tabla 2: Criterios utilizados para la valoración de los recursos patrimoniales paleontológicos de la cuenca de Rubielos de Mora. Modificado de Aladrén, (2016).

Se han identificado los distintos elementos patrimoniales (yacimientos o afloramientos) a considerar como bienes inmuebles y se ha recabado la información geográfica, geológica y paleontológica correspondiente a cada uno de ellos siguiendo el trabajo de Aladrén, 2016.

El “valor” de los elementos del patrimonio se enfrenta al problema de que ese valor es el reflejo de la importancia que la sociedad (público en general, expertos, etc.) asigna a dichos elementos y ésta puede ser variable. Se han desarrollado métodos semicuantitativos que intentan objetivizar este valor. Consisten en utilizar diversos criterios de índole científica, cultural y socioeconómica (Tabla 2), definidos y cuantificados en Aladrén, 2016 e incluido en el anexo 1.1 de este trabajo, estos criterios se basan en los trabajos previos de Alcalá y Morales, 1994 y en los

propuestos por el IGME para los Lugares de Interés Geológico (LIGs) (García et al. 2014). Con el objetivo de adecuar una metodología que pueda servir para los diferentes tipos de lugares de interés paleontológico, se ha usado la adaptación de los criterios de valoración utilizada en Aladrén, 2016. Como norma general esta cuantificación incluye cuatro valores: 0- nulo o escaso; 1-medio; 2- alto; 4- excepcional.

El interés patrimonial de cada yacimiento/afloramiento depende del uso potencial del mismo, y del estado patrimonial, que se refiere a la situación de riesgo en el que se encuentra actualmente. En este trabajo se han considerado como usos potenciales: el

científico y el didáctico-turístico. El valor del yacimiento/afloramiento obtenido en cada uno de ellos es diferente, y se obtiene aplicando un factor de ponderación (ver tablas 3, 4 y 5) a la valoración numérica obtenida en cada criterio. El interés patrimonial se cuantifica como el valor total obtenido por cada yacimiento/afloramiento una vez aplicadas las ponderaciones señaladas.

## 2. Fase segunda: Análisis de los procesos geológicos activos.

Para esta fase realizamos el acopio de material fotográfico proporcionado por el Instituto geográfico de Aragón (IGAR), dicho material está compuesto por fotografías aéreas en color del vuelo realizado en el año 2000 y con escala 1: 20.000.

Con este material se realizó una cartografía geomorfológica general (Fig.9), a través de técnicas de estereoscopia óptica complementada con una cartografía de campo, y se elaboró un análisis de los riesgos geológicos derivados de los procesos activos, en el que se estudiaron varias zonas paleontológicas susceptibles de sufrir deterioro y se seleccionó la zona de Río Rubielos para hacer una cartografía de detalle (Fig. 17) de los procesos activos.

## 3. Fase tercera: Análisis de los resultados y propuesta de actuación.

Una vez que los yacimientos/afloramientos han sido valorados y evaluados en cuanto a su situación patrimonial y actuación de procesos geológicos activos de riesgo, pasamos a la fase tercera, en la que tras evaluar su interés patrimonial y analizar los resultados, se tratará de proponer medidas de actuación.

Para el caso de los usos potenciales, la suma de los valores arrojados estará ubicada en una escala entre 0 y 4. De manera general dividiremos esta escala en rangos, 0-1 (nulo-escaso), 1-2 (medio-alto), 3-4 (excepcional). Con valores inferiores a 2 no se tendrán en cuenta estos yacimientos/afloramientos para el plan de divulgación, y con valores superiores a 2, se deberían tener en cuenta para acciones activas, serán estos yacimientos/afloramientos sobre los que trabajaremos para aplicar un plan de divulgación en el que incluiremos un proyecto de conservación.

Para el Estado Patrimonial, esta escala se tiene que interpretar de manera inversa (los valores más bajos se interpretan como más positivos, con lo cual, a la hora de establecer la suma total, estos deberán ser restados a los criterios que aportan valor). Los rangos quedan establecidos como, 0-1 (nula-escasa afección), 1-2 (afección media-alta), 3-4 (en peligro inminente). Con valores superiores a 2 los yacimientos/afloramientos deberían

ser objeto de medidas de protección urgentes (alto riesgo de degradación). Los que presentan valores de Estado Patrimonial comprendidos entre 1 y 2 deberían ser objeto de medidas de protección a corto plazo (riesgo de degradación medio), mientras que los que presentan valores entre 0 y 1 podrían ser objeto, a criterio de los gestores, de medidas de protección a más largo plazo (riesgo de degradación bajo) o no necesitarla (riesgo de degradación no significativo). Además, dependiendo de las características intrínsecas de cada yacimiento/afloramiento, observadas en el campo y en la fase primera, podremos elegir entre no proponer medidas de conservación o proponer medidas estructurales o no estructurales.

#### **4. PALEONTOLOGÍA.**

##### **4.1 YACIMIENTOS Y AFLORAMIENTOS PALEONTOLÓGICOS.**

De forma general se entiende por lugar de interés paleontológico, aquel lugar que permite la observación de estratos que conservan en sus rocas restos fosilizados de la actividad biológica del pasado. Pero dependiendo de las dimensiones espaciales y estratigráficas, el lugar se califica como afloramiento o como yacimiento (Fig. 4). Los yacimientos son puntos concretos donde los fósiles se localizan en uno o en unos pocos estratos, habitualmente sin diferencias temporales importantes entre ellos. Esto es así, si por ejemplo los fósiles contenidos en el yacimiento son de vertebrados terrestres. En otras ocasiones los fósiles se encuentran a lo largo de toda una formación geológica, unidad, facies etc. de una determinada cuenca, estableciéndose una extensión regional por lo que el lugar se tendrá que entender como un afloramiento, ocurriendo este hecho cada vez que dicha formación, unidad, facies, etc. se observe en la superficie. Esto ocurre en Rubielos de Mora, con los yacimientos de plantas y organismos invertebrados (insectos). Además, en esta cuenca se realizó un sondeo y varios muestreos encaminados a estudiar el polen y las esporas que pudiesen contener los sedimentos (estudios palinológicos), estas prospecciones tuvieron lugar en:

- **Barranco de Aguarroya.** Este muestreo se sitúa a unos 500m al norte del yacimiento de Alto de Ballester 1, en unas facies lacustres terrígeno-carbonáticas (C2 según Anadón et al. 1988b, 1991, 1991).



- **El Bolaje (= Fuente del Rull).** Muestreo situado en los niveles de ritmitas bituminosas (C3 según Anadón et al. 1988b, 1991, 1991) y estudiado por Villanueva (2006-2007).
- **Sondeo Rubielos de Mora-1.** Jiménez-Moreno et al. (2007) realizaron un estudio palinológico de las muestras del testigo de un sondeo de alrededor de 400m de profundidad que atraviesa las tres principales unidades estratigráficas que describe Anadón et al. (1988a, b), del relleno de la cuenca. Este sondeo se sitúa cerca de la localidad de Rubielos de Mora (40°10'60N; 0°39'0W), más concretamente ligeramente al norte de Cerro Porpol.

#### 4.1.1 Yacimientos de mamíferos.

- **Alto de Ballester 1 (AB1):** Actualmente este yacimiento se encuentra inaccesible ya que está situado bajo los cimientos de una casa de campo. Las capas fosilíferas consisten en margas arenosas muy ricas en restos de micromamíferos (Unidad C1 según Anadón et al. 1988b, 1991, 1991). La presencia exclusiva de restos de glíridos y eomíidos llevó a la inclusión de este yacimiento en el "cricetid vacuum" que es el intervalo temporal sin cricétidos que caracteriza la unidad MN3 del esquema biocronológico europeo. La presencia de *Pseurlotheridornys fejyari*, junto a la inexistencia de restos de cricétidos modernos indica para este yacimiento una edad anterior al Aragoniense, dentro de la biozona A del Ramblense, según la biozonación de Daams et al. (1987)/ (Montoya et al. 1996).

Entre los macromamíferos, destacan en este yacimiento los restos óseos asociados que corresponden al autópodo de una misma extremidad posterior de un calicotérido (*Perissodactyla*), ya que este peculiar grupo es francamente escaso en el registro fósil, y los restos (dientes, huesos y fragmentos de asta) del ciervo *Procervulus* cf. *ginsburgi* (DeMiguel et al. 2010), que se encuentran entre los fósiles de rumiantes con apéndices craneales más antiguos. Del género *Anchitherium* (équido tridáctilo inmigrante de Norteamérica, también es de los más antiguos registrados en Europa) se han encontrado varios elementos dentarios y esqueléticos. Además, son frecuentes en este yacimiento los restos óseos de anfibios, reptiles y aves. También hay abundantes gasterópodos (helícidos) así como caráceas.

- **Alto de Ballester 2 (AB2):** Se encuentra a unos 300m hacia el NE del yacimiento anterior, en unas lutitas grises con muchos restos de gasterópodos expuestos en superficie (Unidad C1 según Anadón et al. 1988b, 1991, 1991), un lavado de sedimento mostro una fuerte similitud en micromamíferos, con el yacimiento anterior (Montoya et al. 1996).
- **Rubielos de Mora 1 (RM1):** Situado en Barranco Casas en unas capas de arenas (Unidad C3 según Anadón et al. 1988b, 1991) que constituyen la parte superior del relleno lacustre de la cuenca en su sector centro-occidental, este yacimiento está tapado por un vertedero ilegal que avanza en sentido del yacimiento. Este yacimiento ha dado restos de lagomorfos (*Prolagus vasconensis*, *Lagopsis peñai*), Insectívoros (*Galerix* sp., *Sorex* sp., *Talpidae* indet.), Rodentia (*Pseudodryomys* aff. *ibericus*, *Pseudootheridomys feifari*), así como restos de macromamíferos como, Perissodactyla (*Anchiterium aurelianense*, *Dicerorhinus* cf. *tagicus*, *Dicerorhinus* sp., cf.) y Artiodáctilos (*Palaeomeryx kaupi*, *Procervulus dichotomus*).
- **Rubielos de Mora 2 (RM2):** Situado en el Cerro Porpol, en una capa de arcillas arenosas verdes (Facies b1 en la unidad C3 según Anadón et al 1988b, 1991), muy rica en gasterópodos. Actualmente se encuentra en medio de una explotación de ganado taurino de lidia, con lo que es inaccesible, haciéndose necesario ponerse en contacto con el ganadero de la zona para poder visitarlo, ya que las reses están en régimen de semi-libertad. Sanchiz (1977) encuentra en este yacimiento los anfibios *Chelotriton paradoxus* y *Rana pueyoi*. En cuanto a los mamíferos en este yacimiento podemos encontrar Insectívoros: (*Desmanella feifari*, *Desmanodon daamsi*, especies definidas en esta localidad por Gibert, 1974 y 1975 y Hoek Ostende, 1997 respectivamente, además de *Cordylodon intercedens*), Lagomorfos (*Lagopsis peñai*), Glíridos (*Peridyromys aquatilis* especie definida en este lugar por Bruijn y Moltzer, 1974), Eomyídos, y un perisodáctilo (*Anchiterium* sp.) que datan el yacimiento como Aragoniense inferior (Montoya et al. 1996).
- **Rubielos de Mora 3 (RM3):** Este yacimiento está situado en niveles arcilloarenosos (Facies b1 en la unidad C3 según Anadón et al. 1988b, 1991) pertenecientes al conjunto inferior (Mioceno inferior-medio), más concretamente al Ramblíense-Aragoniense inferior según Cerdeño (1989). Es el yacimiento señalado por Aguirre y Moissenet (1972), gracias al descubrimiento de restos de un rinoceronte, que

posteriormente fue atribuido a la especie *Brachypotherium aurelianense* por Cerdeño (1989), y de otros mamíferos (Montoya et al. 1996).

#### **4.1.2 Afloramientos de “*Konservat Fossil-Lagerstätten*”.**

Los afloramientos de niveles que pueden ser calificados de conservación excepcional (*Konservat Fossil-Lagerstätten*), de la cuenca de Rubielos de Mora se restringen a los niveles de ritmitas bituminosas (Facies b4 en la unidad C3 según Anadón et al 1988b, 1991), estos niveles han dado fósiles de plantas, anfibios e insectos, los cuales están caracterizados por un bajo grado de descomposición, lo que se traduce en una baja tasa de desarticulación, en la preservación de estructuras blandas y órganos internos, así como de patrones de coloración alar (Montoya et al. 1996).

Los yacimientos de conservación excepcional ubicados en Rubielos de Mora son de tipo compresivo durante el proceso de fosildiagénesis, producido por la presión litostática (Peñalver, 2002).

Durante la etapa bioestratinómica, en los paleolagos del pasado existía un área potencial de acumulación de materia orgánica. La superficie potencial (punto de contacto con el medio de fosilización), era relativamente pequeña debido a su forma plana, aunque continúa (Peñalver, 2002).

Durante la necrólisis y posterior necrocinésis la materia orgánica que cae al lago es sometida a una larga etapa, por la necesidad de superación de la flotabilidad- tensión superficial y el posterior hundimiento en la columna de agua que precede a la llegada de dicha materia al medio de fosilización (fondo anóxico en este caso). El poder de adhesión (fuerza de retención de la materia orgánica) era asimismo elevado (relacionado con la tensión superficial). Todo este camino tortuoso genera desarticulaciones en el caso de organismos como los insectos, pequeños anfibios o reptiles. Durante este proceso entran en juego organismos vivos como bacterias y hongos que generan tapices bacterianos que actúan de envoltorio, ofreciendo una protección ante la desarticulación, y es así, completos es como llegan al fondo.

Durante el enterramiento también se deben de dar circunstancias especiales para que se dé esta conservación tan peculiar. En el caso de Rubielos de Mora una sedimentación constante y fundamentalmente basada en limos y arcillas de grano fino (preservando

mejor la materia orgánica), un fondo de características anóxicas (impidiendo el desarrollo de bioturbación y donde las características anóxicas permiten el desarrollo de ciertos organismos que forman los velos microbianos) y una ausencia de tectónica activa (la cual podría deformar los restos fósiles) (Peñalver, 2002).

- **Alto de Ballester 1:** Superpuesto al yacimiento de mamíferos, Montoya et al (1996) señalan el afloramiento de niveles de limos laminados donde se han encontrado restos esqueléticos articulados del anfibio *Chelotriton*, junto a una asociación de vegetales compuesta en su mayoría por semillas del género *Potamogeton*, además de diferentes tipos de hojas. También aparecen en estas facies huevos de crustáceos cladóceros del género *Daphnia*, así como un gran número de ostrácodos.
- **Río Rubielos:** Las ritmitas bituminosas afloran cerca del pueblo de Rubielos de Mora en 8 sitios a lo largo de un barranco del río Rubielos, aunque cabe destacar que en la actualidad se encuentra en un recinto vallado para el ganado vacuno. Este afloramiento destaca por la excepcionalidad de conservación de sus fósiles, así como por la gran diversidad de los mismos. Se han registrado fósiles de 35 familias emplazadas en 12 órdenes de insectos, además de gran número de estados juveniles de anfibios urodelos en perfecta articulación y con impresión de los tejidos blandos (Chica y Peñalver, 1990), un ejemplar de miriápodo de la familia Scutigerae, grupo muy escaso en el registro fósil. También hay representación de huevos de resistencia del crustáceo cladóceros *Daphnia*. Río Rubielos es localidad tipo para el lepidóptero “*Zygaena*” *turolensis*, la especie más antigua de la familia Zygaenidae (Fernández-Rubio *et al.*, 1991; Fernández-Rubio y Peñalver, 1994 en Montoya et al 1996).
- **Alto de la Venta.** Se encuentra cerca de las edificaciones de una explotación ganadera, es de fácil acceso y cuenta con un gran número de puntos o sitios donde afloran las ritmitas, Muestra problemas de inundación por alguna crecida del río. En este afloramiento los niveles son ricos en fósiles de insectos y vegetales, de aquí proviene el único ejemplar de hoja roída por oruga hallado en la cuenca. También se han encontrado en este afloramiento restos de crustáceos, tanto ostrácodos como cladóceros del género *Daphnia*, así como ejemplares de Araneae (Montoya et al 1996).



- **Campo de Tiro.** Situado en las inmediaciones del punto limpio del pueblo, con una fuerte pendiente y degradado. Se han establecido medidas de reforestación con plantaciones de quercinias con Tubex. En este afloramiento se han encontrado abundantes restos de plantas y de insectos en estado de conservación excepcional.
- **Cerro Porpol.** Está situado en la zona más occidental de la cuenca. Las ritmitas bituminosas afloran en un barranco cercano a las antiguas construcciones mineras de la zona. Está localizado en medio de una explotación de ganado taurino de lidia, con lo que actualmente está inaccesible haciéndose necesario, hablar con el ganadero de la zona para poder visitarlo, ya que las reses están en régimen de semi-libertad. Se han encontrado insectos pertenecientes a los órdenes Odonata, Orthoptera, Homoptera, Heteroptera, Thysanoptera, Coleoptera, Hymenoptera y Diptera. Destacan la abundancia de los fósiles y la similitud con el afloramiento de Río Rubielos. (Montoya et al. 1996).



*Figura 3: Aspecto actual que presentan los yacimientos/ afloramientos de conservación excepcional estudiados en la cuenca de Rubielos de Mora; A: Río Rubielos; B: Alto de la Venta; C: Campo de Tiro; D: Cerro Porpol;*



4.1.3 Localización de los yacimientos.

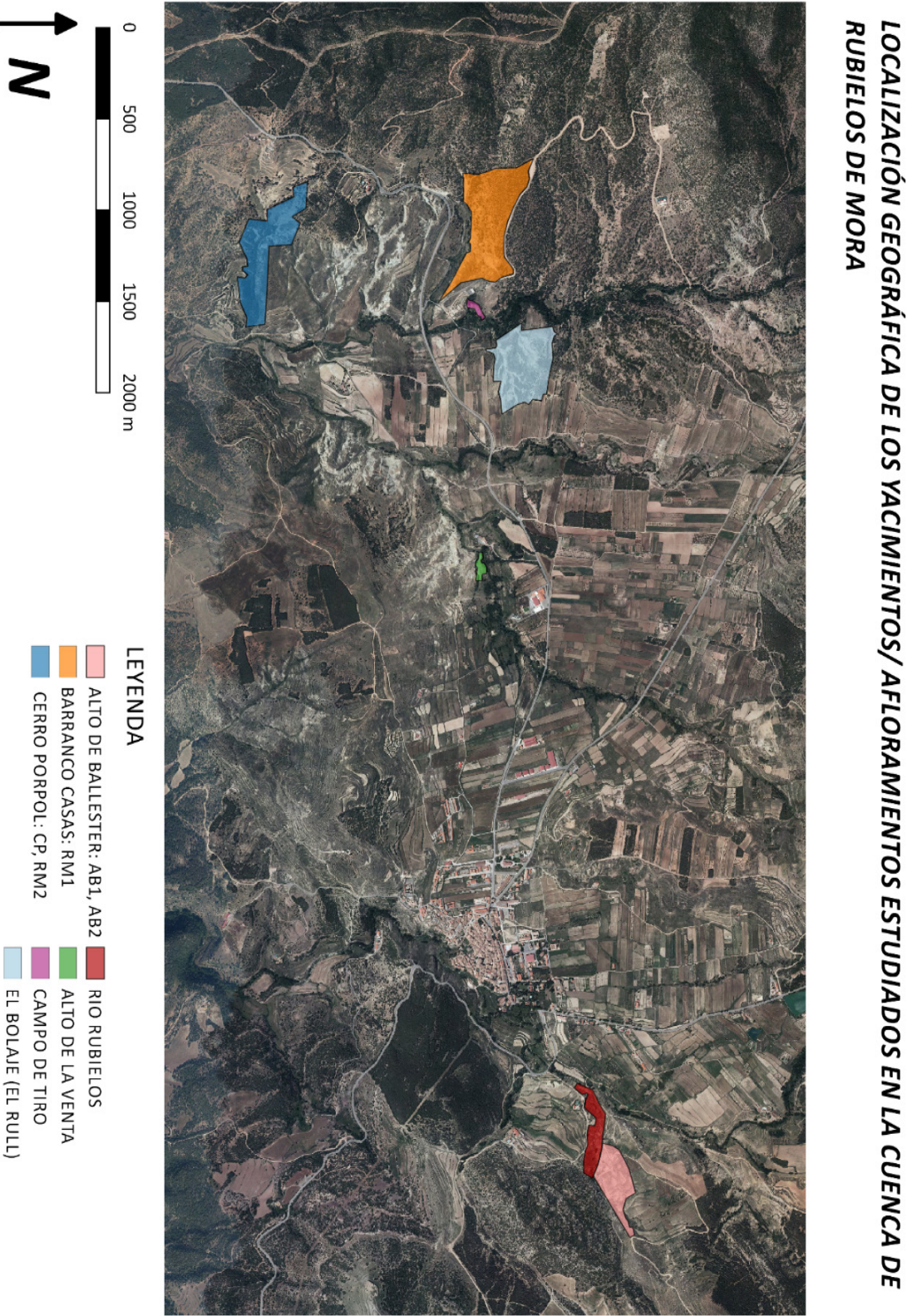


Figura 4. Localización de los yacimientos paleontológicos en la cuenca de Rubielos de Mora.

## 5. VALORACIÓN.

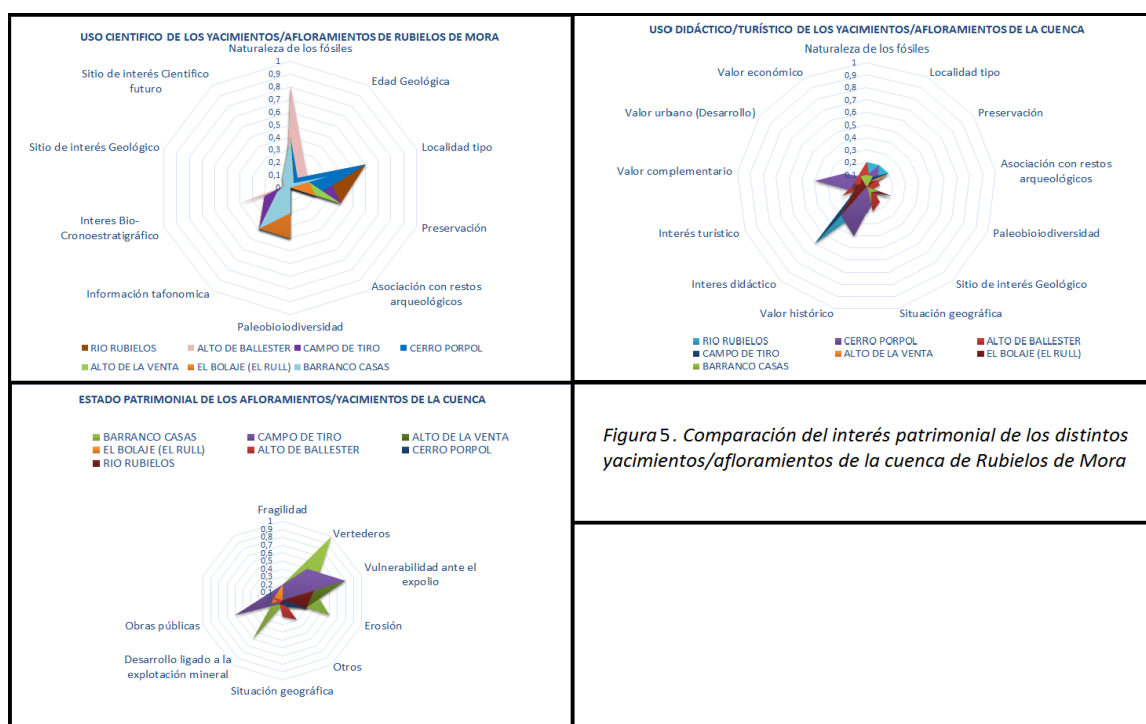
En las gráficas que se muestran en la Figura 5 se comparan las valoraciones ponderadas de los yacimientos/afloramientos visitados en campo para los usos potenciales (Científico y Didáctico-Turístico) y el estado patrimonial. De esta manera podemos comprobar las características mejor valoradas de una manera conjunta para todos los afloramientos de la cuenca.

Para el uso científico, en general los afloramientos presentan características excelentes, sobretodo destacan en cuanto a la naturaleza de los fósiles, localidad tipo, preservación, paleobiodiversidad y por último la información tafonómica.

Para el uso Didáctico-Turístico los afloramientos destacan por la situación geográfica, el valor histórico, y el interés turístico (este último es muy importante ya que prevé la potencialidad de los afloramientos para ser puestos en valor o musealizados).

El estado patrimonial en general no es bueno, como se muestra en la gráfica, hay serios problemas en determinados afloramientos en cuanto a vertederos, vulnerabilidad ante el expolio, obras públicas y erosión.

En los puntos 5.1 y 5.2 vamos a desarrollar estas valoraciones y detallar la ponderación llevada a cabo para cada criterio y cada yacimiento de la cuenca.



## 5.1 INTERÉS CIENTÍFICO Y TURÍSTICO.

La tabla 3, muestra los resultados obtenidos para un uso científico de los distintos yacimientos/afloramientos de la cuenca de Rubielos de Mora. En ella podemos observar que los afloramientos de ritmitas bituminosas (*Konservat Fossil-Lagerstätten*), además de su especial preservación, recalcan valores más que evidentes para su uso científico. Río Rubielos es, por excelencia, el mejor ejemplo de este tipo de conservación en la cuenca. Este afloramiento se caracteriza por la naturaleza de sus fósiles, la información tafonómica, la paleobiodiversidad y, sumándose a estas características, el hecho de ser localidad tipo. Todas estas características le confieren la nota más alta en cuanto al carácter científico. Otros afloramientos como Cerro Porpol están en esta misma tesitura, destacando la similitud con Río Rubielos. La paleobiodiversidad es menor, aunque este afloramiento es muy rico en variedad de insectos, carece de vertebrados urodelos. Aun así, al estar menos estudiado, su valoración potencial es equiparable a la gran valoración de Río Rubielos para el uso científico. Campo de Tiro se presenta como el afloramiento donde los vegetales son los protagonistas con un estado de preservación excepcional. La paleobiodiversidad es más baja que los anteriores, la naturaleza de los fósiles no es tan buena y no es localidad tipo, pero puede representar una puerta abierta a nuevos estudios científicos en la cuenca por su potencial de estudio elevado.

Alto de Ballester destaca por la naturaleza de algunos de los mamíferos fósiles bien por su antigüedad, bien porque la especie a la que pertenecen los restos es muy poco frecuente, además, el interés de este yacimiento reside en la gran cantidad de micromamíferos que contiene y por eso, es un punto clave de datación biocronológica en la cuenca. Al estar poco estudiado y con una paleobiodiversidad relativamente más baja no obtiene los grandes resultados de los afloramientos anteriores. Alto de la Venta, Barranco Casas, y El Bolaje son los menos valorados relativamente para el uso científico. En Alto de la Venta destaca la asociación de restos vegetales con los restos de insectos en un estado de preservación excepcional, además de su potencial para estudios científicos futuros, aunque por otra parte la paleobiodiversidad, localidad tipo, y el interés biocronológico son los puntos peor valorados. En Rubielos de Mora el estado de conservación de los fósiles de macromamíferos no es bueno, encontrándose desarticulados y fragmentados como norma general, destaca por su rareza, está relativamente estudiado y es un yacimiento histórico.

		USO CIENTÍFICO														
		Yacimientos/Afloramientos														
	Criterios	Fa.PON	AB	PON	BC	PON	CP	PON	RR	PON	AV	PON	CT	PON	BJ	PON
VALOR CIENTÍFICO	Naturaleza de los fósiles	20	4	0,8	2	0,4	2	0,4	4	0,8	2	0,4	2	0,4	2	0,4
	Edad Geológica	5	4	0,2	1	0,05	2	0,1	2	0,1	1	0,05	1	0,05	1	0,05
	Localidad tipo	15	1	0,15	2	0,3	4	0,6	4	0,6	1	0,15	2	0,3	1	0,15
	Preservación	10	2	0,2	0	0	2	0,2	4	0,4	4	0,4	4	0,4	2	0,2
	Asociación con restos arqueológicos	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Paleobiodiversidad	10	2	0,2	2	0,2	4	0,4	4	0,4	2	0,2	2	0,2	4	0,4
	Información tafonomica	10	0	0	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4
	Interes Bio- Cronoestratigráfico	10	4	0,4	1	0,1	1	0,1	2	0,2	1	0,1	2	0,2	1	0,1
	Sitio de interés Geológico	5	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05
	Sitio de interés Científico futuro	5	1	0,05	2	0,1	2	0,1	1	0,05	2	0,1	2	0,1	2	0,1
RIESGO A LA CONSERVACIÓN	Fragilidad	0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	Vertederos	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	Vulnerabilidad ante el expolio	0	0	0	2	0	2	0	2	0	4	0	4	0	2	0
	Erosión	0	2	0	4	0	2	0	2	0	2	0	1	0	2	0
	Otros	0	4	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
VALOR DEL AFLORAMIENTO	Situación geográfica	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Valor histórico	0	2	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	Interés didáctico	0	0	0	0	0	2	0	4	0	2	0	4	0	2	0
	Interés turístico	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Valor complementario	0	2	0	1	0	4	0	2	0	1	0	1	0	1	0
VALOR SOCIO-ECONÓMICO	Valor urbano (Desarrollo)	0	2	0	0	0	4	0	2	0	1	0	0	0	1	0
	Desarrollo ligado a la explotación mineral	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	Obras públicas	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0
	Valor económico	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	<b>Valor Total</b>	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>2,05</b>	<b>11</b>	<b>1,6</b>	<b>33</b>	<b>2,35</b>	<b>41</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>1,85</b>	<b>25</b>	<b>2,1</b>	<b>21</b>	<b>1,85</b>
Fa.PON= Factor de ponderación; Pon= valor ponderado																
AB= Alto de Ballester; BC= Barranco Casas; CP= Cerro Porpol;RR=Rio Rubielos; AV= Alto de la Venta; CT= Campo de Tiro;BJ= El Bolaje;																

Tabla 3, Resultados de la valoración y ponderación para el uso científico de los yacimientos/afloramientos de la cuenca de Rubielos de Mora. Modificado de Aladrén, (2016).

La valoración del afloramiento El bolaje (El Rull), ha sido muy difícil ya que no hay casi datos contenidos en la bibliografía, este afloramiento ha sido usado para estudiar con detalle la palinología de la cuenca, aportando datos sobre la paleoclimatología y el medio sedimentario.

En la Tabla 4, se muestran los resultados correspondientes al uso Didáctico-Turístico. En general para poder valorar el uso Didáctico-Turístico de los lugares las características empleadas han de estar relacionadas con el valor social, aunque se incluyen parte de las características usadas para valorar el uso científico (estas últimas no las vamos a mencionar en esta descripción). El afloramiento que obtiene mayor puntuación para este uso es nuevamente Rio Rubielos ya que además de que sus aptitudes para el uso científico son las mejores, cuenta con características más que propicias para el uso Didáctico-Turístico. Así, el valor urbano, la situación geográfica y el valor complementario son inmejorables, ya que se encuentra junto al mismo pueblo. El interés didáctico es evidente,



se llevan realizando congresos de paleontología y otras ciencias en la localidad desde hace años.

			USO DIDÁCTICO-TURÍSTICO														
			Afloramientos														
Parámetros			Fa.PON	AB	PON	BC	PON	CP	PON	RR	PON	AV	PON	CT	PON	BJ	PON
VALOR CIENTÍFICO	Naturaleza de los fósiles		5	4	0,2	2	0,1	2	0,1	4	0,2	2	0,1	2	0,1	2	0,1
	Edad Geológica		0	4	0	1	0	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0
	Localidad tipo		5	1	0,05	2	0,1	4	0,2	4	0,2	1	0,05	2	0,1	1	0,05
	Preservación		5	2	0,1	0	0	2	0,1	4	0,2	4	0,2	4	0,2	2	0,1
	Asociación con restos arqueológicos		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Paleobiodiversidad		5	2	0,1	2	0,1	4	0,2	4	0,2	2	0,1	2	0,1	4	0,2
	Información tafonomica		0	0	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
	Interes Bio- Cronoestratigráfico		0	4	0	1	0	1	0	2	0	1	0	2	0	1	0
	Sitio de interés Geológico		5	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05
	Sitio de interés Cientifico futuro		0	1	0	2	0	2	0	1	0	2	0	2	0	2	0
RIESGO A LA CONSERVACIÓN	Fragilidad		0	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
	Vertederos		0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	Vulnerabilidad ante el expolio		0	0	0	2	0	2	0	2	0	4	0	4	0	2	0
	Erosión		0	2	0	4	0	2	0	2	0	2	0	1	0	2	0
	Otros		0	4	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
VALOR DEL AFLORAMIENTO	Situación geográfica		15	1	0,15	1	0,15	1	0,15	1	0,15	1	0,15	1	0,15	1	0,15
	Valor histórico		10	2	0,2	0	0	4	0,4	2	0,2	0	0	0	0	0	0
	Interes didáctico		15	0	0	0	0	2	0,3	4	0,6	2	0,3	4	0,6	2	0,3
	Interés turístico		10	0	0	0	0	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1
	Valor complementario		10	2	0,2	1	0,1	4	0,4	2	0,2	1	0,1	1	0,1	1	0,1
VALOR SOCIO-ECONÓMICO	Valor urbano (Desarrollo)		5	2	0,1	0	0	4	0,2	2	0,1	1	0,05	0	0	1	0,05
	Desarrollo ligado a la explotación mineral		0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	Obras públicas		0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0
	Valor económico		5	2	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,1
	Valor Total		100	24	1,25	11	0,7	33	2,3	35	2,3	17	1,3	25	1,6	21	1,3
Fa.PON= Factor de ponderación; Pon= valor ponderado																	
AB= Alto de Ballester; BC= Barranco Casas; CP= Cerro Porpol; RR=Río Rubielos; AV= Alto de la Venta; CT= Campo de Tiro; BJ= El Bolaje;																	

Tabla 4, Resultados de la valoración para el uso Didáctico-Turístico de los yacimientos/afloramientos de la cuenca de Rubielos de Mora. Modificado de Aladrén, (2016).

Contamos con un afloramiento bastante accesible para cualquier persona y con abundantes restos que, aunque la extracción (fósil completo) es difícil por las características litológicas, la facilidad de encontrar un fósil y que este sea excepcional es más que posible, por lo que requeriría la implementación de medidas de protección para evitar su expolio. Cerro Porpol es el segundo afloramiento mejor valorado, cuenta con las mismas aptitudes científicas que Rio Rubielos aunque la lejanía a la localidad de Rubielos de Mora y la inaccesibilidad al yacimiento/afloramiento le confieren una valoración menor que se compensa con la presencia de un valor complementario (patrimonio cultural) muy importante. Campo de Tiro obtiene también valores altos para este uso, sobretudo en la parte científica, y en el interés didáctico gracias a la exclusividad de los buenos restos de vegetales que alberga, pero obtiene bajas puntuaciones en interés

turístico, valor complementario y valor urbano. Alto de la Venta se presta también, aunque en menor medida, al uso didáctico, gracias a la cantidad de sitios que alberga, los tipos de fósiles y la accesibilidad. El Bolaje obtiene resultados muy bajos en la parte sociocultural y un poco más altos en la parte científica para el uso Didáctico-Turístico. Rubielos de Mora 1 no cumple con estas premisas, es cierto que tiene un uso científico aceptable pero no es explotable su uso didáctico-Turístico, hecho que se enlaza con su pésimo estado patrimonial que veremos más adelante.

## **5.2 ESTADO PATRIMONIAL (DE CONSERVACIÓN).**

En la Tabla 5, se muestran los resultados correspondientes al estado patrimonial (conservación y posibles riesgos a la conservación) de los yacimientos/afloramientos de la cuenca de Rubielos de Mora. La valoración del estado patrimonial se hace puntuando aspectos como la fragilidad, erosión, vulnerabilidad ante el expolio o la cercanía de vertederos. Cuanta más puntuación logre cada aspecto, peor será el estado patrimonial del afloramiento valorado.

Sobre el yacimiento de Alto de Ballester (AB1) se construyó una casa de campo, lo que para su estado patrimonial podría ser considerado como bueno ya que está protegido de la erosión, expolio, obras públicas, vertederos etc., pero está inhabilitado para cualquier uso. Igualmente ocurre con El bolaje que fue cubierto y actualmente su ubicación está dedicada a la plantación de arbolado, hecho que puede afectarlo si la capa de suelo es profunda. Cerro Porpol está expuesto pero su situación es buena ya que está dentro de los límites de una explotación de cría semiextensiva de toros de lidia, hecho que limita el expolio y mientras este dentro de los límites de zona privada estará protegido de la instalación de vertederos y obras públicas. Pero en contrapartida este hecho hace que se deje de lado la protección frente a la erosión, ya que se encuentra en los taludes de un barranco que porta aguas torrenciales en determinadas épocas del año con más que probables flujos turbulentos que son los más erosivos, este problema es muy difícil de corregir. El afloramiento de Rio Rubielos hace años fue objeto de intensos expolios, aunque cuando se hizo la visita a este afloramiento para este trabajo no se observaron evidencias de que este hecho se siguiera produciendo, al estar en la zona de inundación del río Rubielos que le da nombre, la erosión es importante en épocas más húmedas, y la litología es fácilmente erosionable por los agentes externos con lo que es un afloramiento frágil. Alto de la Venta está en una posición parecida a Cerro Porpol con una alta

fragilidad, está situado en una zona inundable en épocas húmedas y de fácil acceso lo que aumenta sus posibilidades a ser expoliado, se desconoce la susceptibilidad de obras públicas futuras o de instalación de posibles vertederos aunque suponemos que son muy bajas.

En cuanto pasamos a valorar el estado patrimonial de Rubielos de Mora 1 y Campo de Tiro la cosa cambia. Sobre la zona de Barranco Casas donde se ubica el yacimiento de Rubielos de Mora 1 existe de un vertedero ilegal, el cual tapa por completo el yacimiento y se extiende en sentido que lo hace el afloramiento, además, está muy expuesto a la erosión. Por otra parte, el punto limpio municipal se localiza a escasos 200m del afloramiento de Campo de Tiro, y hemos observado que el vertido incontrolado en sus inmediaciones está llenando de residuos la zona. A este hecho se le suma su alta fragilidad debido a que, por su litología y pendiente, es fácilmente erosionable, y a un intento de reforestar la zona con la plantación de arbolado. Además este afloramiento se encuentra en una zona relativamente accesible con vulnerabilidad de expolio, en la visita se observaron lajas sueltas caídas en el suelo procedentes de una manipulación reciente.

		ESTADO PATRIMONIAL															
		Afloramientos/Yacimientos															
	Parámetros	Fa.PON	AB	PON	BC	PON	CP	PON	RR	PON	AV	PON	CT	PON	BJ	PON	
VALOR CIENTÍFICO	Naturaleza de los fósiles	0	4	0	2	0	2	0	4	0	2	0	2	0	2	0	0
	Edad Geológica	0	4	0	1	0	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0
	Localidad tipo	0	1	0	2	0	4	0	4	0	1	0	2	0	1	0	0
	Preservación	0	2	0	0	0	2	0	4	0	4	0	4	0	2	0	0
	Asociación con restos arqueológicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Paleobioiodiversidad	0	2	0	2	0	4	0	4	0	2	0	2	0	4	0	0
	Información tafonomica	0	0	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	0
	Interes Bio- Cronoestratigráfico	0	4	0	1	0	1	0	2	0	1	0	2	0	1	0	0
	Sitio de interés Geológico	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
	Sitio de interés Científico futuro	0	1	0	2	0	2	0	1	0	2	0	2	0	2	0	0
RIESGO A LA CONSERVACIÓN	Fragilidad	10	0	0	2	0,2	2	0,2	2	0,2	2	0,2	2	0,2	2	0,2	0,2
	Vertederos	25	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	2	0,5	0	0	0
	Vulnerabilidad ante el expolio	20	0	0	2	0,4	2	0,4	2	0,4	4	0,8	4	0,8	2	0,4	0
	Erosión	15	2	0,3	4	0,6	2	0,3	2	0,3	2	0,3	1	0,15	2	0,3	0
	Otros	5	4	0,2	0	0	2	0,1	0	0	2	0,1	0	0	0	0	0
VALOR DEL AFLORAMIENTO	Situación geográfica	5	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	0,05
	Valor histórico	0	2	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	Interes didáctico	0	0	0	0	0	2	0	4	0	2	0	4	0	2	0	0
	Interés turístico	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
	Valor complementario	0	2	0	1	0	4	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0
VALOR SOCIO-ECONÓMICO	Valor urbano (Desarrollo)	0	2	0	0	0	4	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0
	Desarrollo ligado a la explotación mineral	5	1	0,05	0	0	1	0,05	1	0,05	1	0,05	1	0,05	0	0	0
	Obras públicas	15	1	0,15	4	0,6	0	0	0	0	0	0	4	0,6	1	0,15	0
	Valor económico	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0
Valor Total		100	24	0,75	11	2,85	33	1,1	35	1	17	1,5	25	2,35	21	1,1	
Fa.PON= Factor de ponderación; Pon= valor ponderado																	
AB= Alto de Ballester; BC= Barranco Casas; CP= Cerro Porpol; RR=Rio Rubielos; AV= Alto de la Venta; CT= Campo de Tiro; BJ= El Bolaje																	

Tabla 5. Resultados de la valoración del estado patrimonial de los yacimientos/afloramientos de la cuenca de Rubielos de Mora. Modificado de Aladrén, (2016).



## 6. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS.

La cuenca de Rubielos de Mora, situada en la zona de enlace entre la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero-catalana (Fig. 1), tiene una orientación ENE-OSO y alcanza unos 15 km<sup>2</sup> de superficie. Su estructura ha sido descrita como un sinclinal asimétrico con el eje desplazado hacia el sur y limitado por fallas normales que dan paso en los márgenes a formaciones mesozoicas con un disposición subhorizontal (Anadón et al. 1988b, 1991; Guimerá, 1990).

La geología estructural y estratigráfica de esta cuenca han sido analizadas en diversos trabajos (e.g. Aguilar, 1974, 1977, Guimerá, 1990; Anadón, 1983, Anadón et al. 1988a y b, 1989, 1991). Sin embargo, la geomorfología de la cuenca de Rubielos de Mora tan solo ha sido abordada sucintamente en una publicación de Moissenet y Gautier (1971), la cual incluye un esquema geomorfológico muy general en el que no aparecen representados algunos de los rasgos morfológicos más importantes (Fig. 6). Para este trabajo se ha elaborado una cartografía geomorfológica más completa y que permite reconstruir la histórica geomorfológica de la cuenca, desde su colmatación hasta la actualidad (Fig. 10).

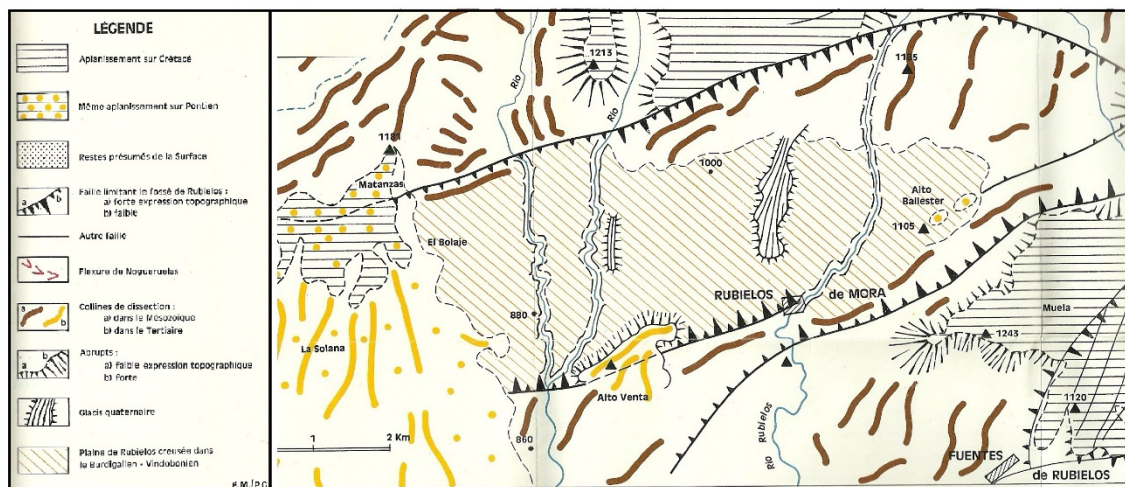


Figura 6. Esquema geomorfológico publicado por Moissenet y Gautier (1971).

### 6.1. HISTORIA GEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA DE RUBIELOS DE MORA.

La cuenca de Rubielos de Mora constituye una depresión morfo-estructural cuyo relieve actual está esencialmente relacionado con la erosión diferencial de su relleno, formado por materiales menos resistentes que las formaciones que afloran en los márgenes

(Moissenet y Gautier, 1971). La cuenca sedimentaria y su espacio de acomodación se desarrollaron durante el Mioceno inferior y medio, tal y como registra su relleno. Durante esta etapa la cuenca constituía una depresión endorreica en la que se desarrollaron sistemas lacustres asociados al margen meridional, donde la subsidencia era más activa. La red de drenaje presentaría un patrón general centrípeto dirigido hacia la cuenca, y alimentaría a los sistemas de abanicos aluviales desarrollados en las zonas marginales.

Los sedimentos plegados del relleno de la cuenca y las formaciones mesozicas de los márgenes están cubiertos discordantemente por una unidad conglomerática aparentemente indeformada de edad Mioceno superior-Plioceno, perteneciente a la cuenca de La Puebla de Valverde-Sarrión (margen oeste y sur y Alto de Ballester en el sector este) (Fig. 7). Esta unidad trunca a las fallas normales del margen de la cuenca de Rubielos y muestra un general hacia el sur (Godoy y Anadón, 1986). Estas relaciones cartográficas indican que en el Mioceno superior, cuando la actividad de las fallas del margen de la cuenca de Rubielos ya había cesado, se desarrollaron amplios sistemas de abanicos aluviales en relación con la formación de la cuenca post-orogénica de La Puebla de Valverde-Sarrión (Fig. 7). Estos depósitos aluviales debieron cubrir la totalidad del relleno de la cuenca de Rubielos. La discordancia basal de esta unidad se sitúan a unos 1070 m y 1.040 m s.n.m. en la zona oeste y sur de la cuenca y en el Alto de Ballester, respectivamente (Figs. 7 y 10). Las superficies de erosión desarrolladas en las formaciones mesozoicas del margen de la cuenca, situadas en torno a 1200 m, enrasan con el techo de la unidad detrítica del Mioceno superior-Plioceno y también presentan una inclinación general hacia el sur (Fig. 10). En esta etapa la zona estaría dominada por una extensa superficie de erosión-acumulación cuyo desarrollo estuvo controlado por la formación de la cuenca de La Puebla de Valverde-Sarrión (Figs. 7, 9 y 10).

Con posterioridad a la acumulación de la unidad detrítica del Mioceno superior-Plioceno se produjo el desarrollo y encajamiento de la red de drenaje actual, dominada en la zona de estudio por sistemas fluviales efímeros con una orientación general N-S y que tienen como nivel de base el Río Mijares (Figs. 9 y 10). Durante esta etapa predominantemente erosiva se ha producido el desmantelamiento parcial de la unidad detrítica culminante y un proceso de excavación diferencial en los materiales deleznales del relleno de la cuenca, dando lugar a la depresión erosiva que constituye actualmente la cuenca de Rubielos.



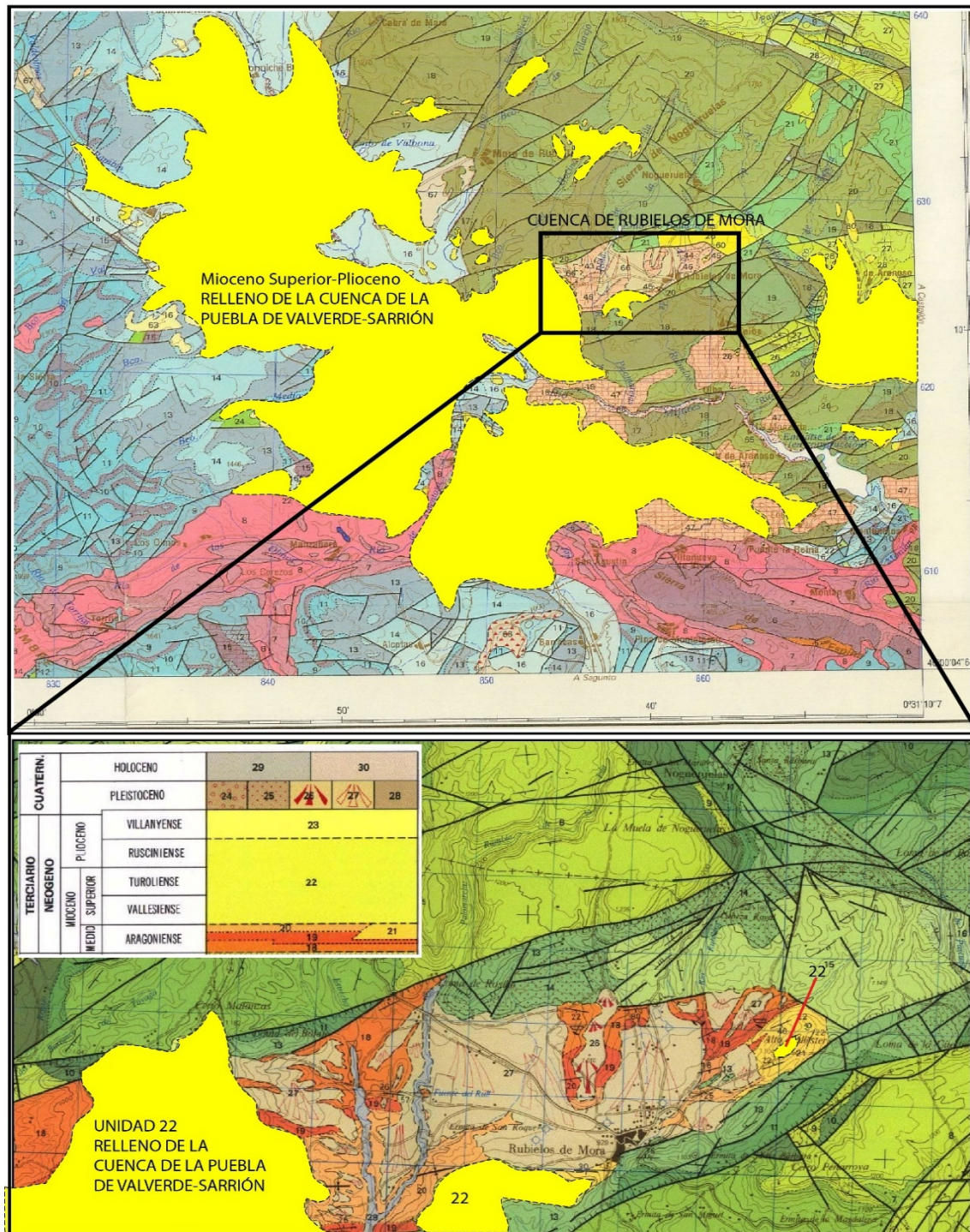


Figura 7. Contexto geológico de la cuenca de Rubielos. Arriba: Extracto modificado del mapa geológico a escala 1:200.000 correspondiente a la hoja de Teruel (47) que ilustra las relaciones cartográficas entre el relleno de la cuenca de Rubielos (Mioceno inferior-medio) y de la cuenca de La Puebla de Valverde-Sarrión (Mioceno superior-Pliocene). Abajo: Extracto modificado del mapa geológico a escala 1: 50.000 de la hoja de Mora de Rubielos (591), en el que se observa el relleno de la cuenca de Rubielos de Mora y la unidad del Mioceno superior siglada como 22 del relleno de la cuenca de La Puebla de Valverde-Sarrión, que aparece en discordancia sobre las unidades de relleno de la cuenca y fosilizando a las fallas de sus márgenes.



Esta erosión diferencial ha generado los escarpes de falla y facetas triangulares que localmente presentan los márgenes de la cuenca, producto de la exhumación de fallas actualmente inactivas que controlaron el desarrollo de la cuenca (*fault-line scarps*) (Fig. 10).

El proceso de excavación y encajamiento de la red de drenaje no ha sido continuo, sino que se ha visto interrumpido por fases de estabilidad en el nivel de base que han propiciado procesos de pedimentación en los materiales menos resistentes de la cuenca, tal y como registran los tres niveles de glaciares escalonados cartografiados (G1, G2, G3) (Figs. 8, 9 y 10). Estos glaciares presentan bajo su superficie coberturas detríticas de reducido espesor constituidas fundamentalmente por cuerpos tabulares de gravas ligeramente cementadas y con desarrollo de costras calcáreas en la parte superior (Fig. 8). La composición litológica y textura de los glaciares varía dependiendo de la naturaleza del área fuente, mostrando una grava redondeada polimíctica en los glaciares desarrollados a



Figura 8: Diferentes niveles de glaciares. La imagen de la izquierda muestra la estratigrafía completa del nivel G3 (lutitas en la base, arenas y gravas a techo), además está fosilizando a los materiales blandos del relleno de la cuenca, las imágenes de la derecha muestran el glacis G1 (Loma del Calvario), la imagen superior derecha muestra las gravas de cantos carbonatados y la imagen inferior derecha muestra las rizoconcreciones formadas a techo.

partir de los conglomerados miocenos y oligomícticas y angulosas en los glaciares relacionados con la erosión de las formaciones mesozoicas del margen de la cuenca. Tanto la unidad detrítica culminante del Mioceno superior como los depósitos de glaciares actúan como un armazón resistente frente a la erosión, jugando un papel decisivo en la preservación de parte del relleno de la cuenca de Rubielos y su registro paleontológico.

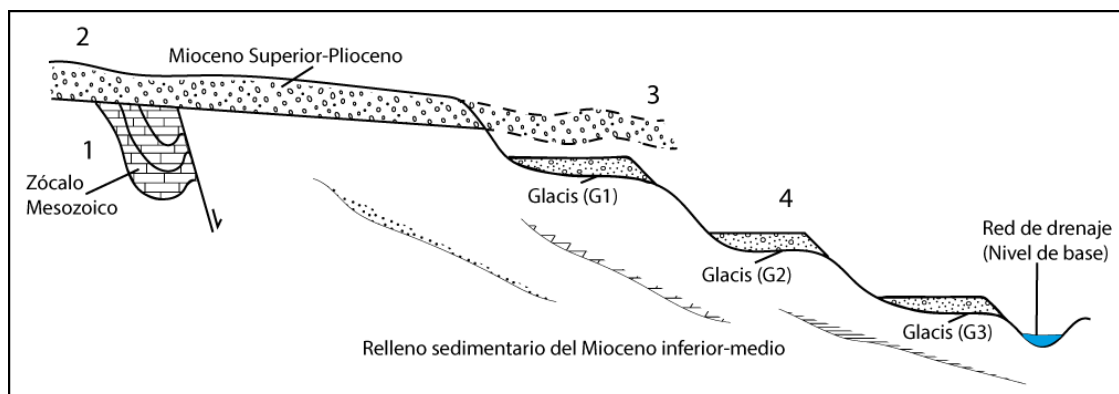


Figura 9. Esquema de la evolución de la cuenca de Rubielos de Mora.

- El nivel G1 (Figs. 8, 9 y 10) aparece representado por una superficie de 0.49 km<sup>2</sup> denominada “Loma del Calvario”, situada en torno a 1.050m s.n.m., así como otras superficies de menor entidad situadas en el sector oeste (Fig. 10) y con superficies de aproximadamente 0.14 y 0.03 km<sup>2</sup>. Este nivel de glacis es el que muestra un horizonte cálcico más desarrollado localmente con rizoconcrecciones (Fig. 8).
- Las superficies correspondientes al nivel G2 se encuentran encajadas unos 50 m con respecto al nivel G1 (Figs. 9 y 10) y se localizan en los márgenes este, septentrional y oeste (Fig. 10). Alcanzan un área aproximada de 5 km<sup>2</sup> y su pendiente ronda los 5°. En el oeste de la cuenca el depósito de los glacis G2 proviene del desmantelamiento de la unidad detrítica del Mioceno superior-Plioceno, por lo que presentan gran variedad litológica y un elevado grado de redondeamiento. En las demás zonas está formado fundamentalmente por gravas calcáreas subangulosas procedentes de los afloramientos mesozoicos.
- El nivel de glacis G3 (Figs. 8 y 9) es el más moderno y ocupa gran parte de la zona central de la cuenca (Fig. 10), con una superficie de aproximadamente 7 km<sup>2</sup> y con pendientes de unos 20-35°. La red de drenaje actual se encuentra encajada en estos glacis y localmente presenta niveles de terraza de escasa entidad (Fig. 10).



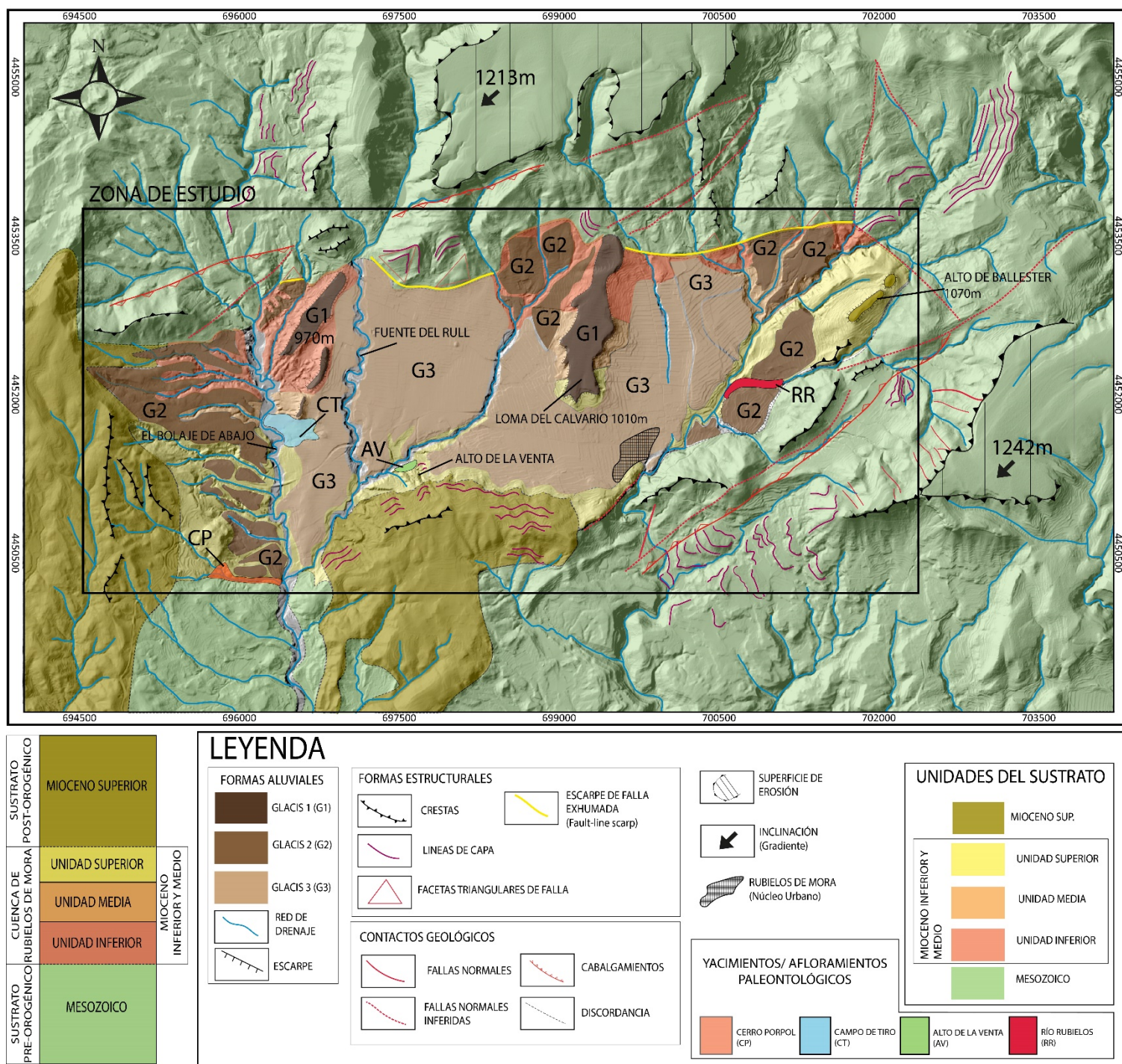


Figura 10. Mapa geomorfológico de la cuenca de Rubielos de Mora.

## 6.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS ACTIVOS CON AFECCIÓN A LOS YACIMIENTOS MÁS IMPORTANTES

En los sedimentos del relleno de la cuenca de Rubielos de Mora, con un claro predominio de las litologías lutíticas, actúan diversos procesos de erosión, entre los que cabe destacar el abarrancamiento (*gullying*), la reguerización (*rilling*), la formación de conductos subsuperficiales (*piping*) y los movimientos de ladera, fundamentalmente deslizamientos superficiales y coladas de fango (*mud flows*). El grado de actividad de estos procesos varía muy significativamente según las zonas, dependiendo en gran parte de las características de los materiales del sustrato y de la presencia de elementos con un efecto protector, como depósitos detríticos superficiales y/o vegetación (Desir y Marín, 2009a y Marín y Desir, 2010). En los afloramientos de sedimentos arcillosos es frecuente observar el desarrollo de un regolito de espesor milimétrico o centimétrico muy lábil y con grietas de retracción. Este material alterado se desarrolla con gran celeridad por la actuación de diversos procesos de meteorización, como los ciclos de humectación y secado, y está favorecido muy posiblemente por la presencia de arcillar expansivas, tal y como sugiere la presencia de morfologías tipo *pop corn*. El regolito juega un papel determinante en el desarrollo de los procesos de erosión. Cuando se producen eventos de precipitación con producción de escorrentía, se moviliza ladera abajo por arrastre hídrico o mediante el desarrollo de deslizamientos superficiales. Por otra parte, el sedimento arcilloso empapado en agua puede concentrarse en pequeños barrancos, dando lugar a coladas de fango. Las grietas de retracción a

su vez favorecen la infiltración del agua y eventualmente el desarrollo de procesos de *piping* en zonas con una topografía adecuada.

La zona posee condiciones climáticas favorables para la actuación de estos procesos, con una precipitación limitada (Fig. 11), lo que inhibe el desarrollo de la vegetación, y con frecuentes

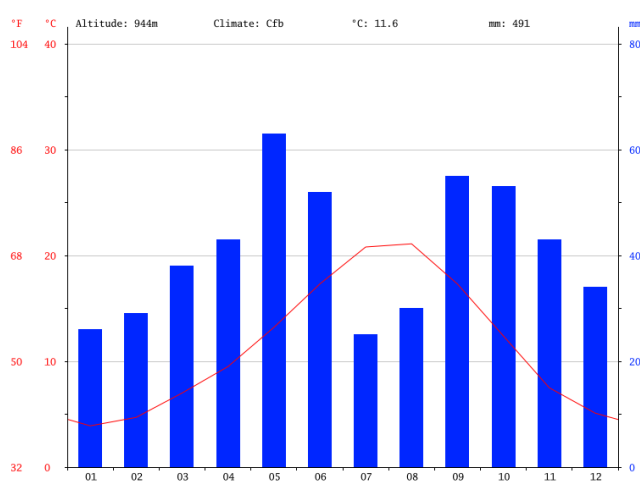


Figura 11. Precipitación y temperaturas mensuales en el centro de la depresión erosiva de Rubielos de Mora. (www. Climate-data.org)



eventos de tormenta de corta duración y alta intensidad con gran efectividad geomorfológica. El clima es semiárido, con temperaturas medias mensuales que varían de 5°C a 20°C, siendo la media anual de 11.6°C (Fig. 11). La precipitación media anual es de unos 500 mm (Fig. 11). Estas precipitaciones se reparten en dos máximos a lo largo del año, uno a finales de primavera y otro a comienzos de otoño (Fig. 11). Durante dichos máximos, las lluvias son de carácter ciclónico y de baja intensidad, por lo que su capacidad erosiva es relativamente baja. Durante el resto del año son frecuentes las lluvias de carácter tormentoso con una alta erosividad.

Geomorfológicamente y en relación con los procesos de erosión activos, la zona de estudio se puede dividir en varias áreas diferenciadas. En el sector central se ha desarrollado una depresión erosiva en gran parte tapizada por glacis cuaternarios (Figs. 8, 9 y 10). En los márgenes occidental y meridional encontramos en discordancia una unidad conglomerática del Mioceno superior-Plioceno (Figs. 8 y

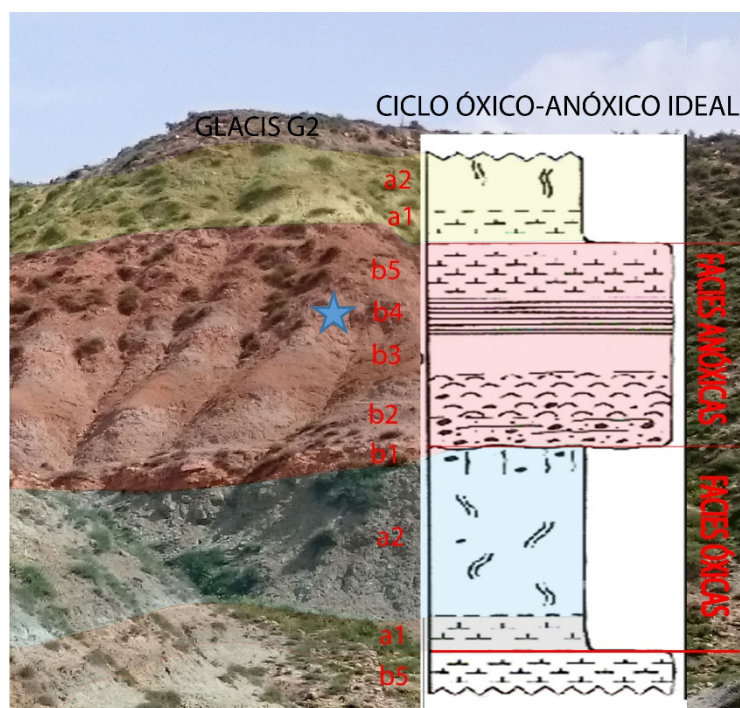


Figura 12. Columna estratigráfica de los ciclos laminados descritos por Anadón et al. 1991. La estrella marca la posición estratigráfica (Ritmitas) de los yacimientos estudiados. Foto tomada en el barranco de Cerro Porpol.

10) sobre la Unidad superior de relleno de la cuenca de Rubielos, donde encontramos los ciclos óxico-anóxicos (Anadón et al. 1988a, 1988b, 1991) con las ritmitas que contienen los yacimientos estudiados (Fig. 12). Estos ciclos están compuestos por sedimentos muy fácilmente erosionables. Las ritmitas son materiales extremadamente blandos y las facies margosas asociadas (facies b5 y a1, según Anadón et al. 1991) (Fig. 12) muestran un comportamiento que indica un alto contenido en arcillas expansivas (morfologías *pop corn*, grietas de retracción, *piping*). En el centro y en los márgenes norte, este y oeste destaca la presencia de diferentes niveles de glacis en cuyas laderas afloran los ciclos



óxico-anóxicos en laderas con pendientes de entre 20 y 35° en las que (se desarrolla un paisaje acarcavado muy característico (*badlands*) (Fig. 14. E y F).

La escorrentía superficial es el agente erosivo principal encargado de la movilización y transporte del material y el principal responsable del modelado actual de las zonas analizadas. Los procesos de erosión hídrica tienen una relación directa con la distribución y características de las precipitaciones, presentando, al igual que éstas, una marcada estacionalidad (Fig. 11). El régimen de precipitación muestra una alternancia de periodos de máximos pluviométricos (generalmente, lluvias de baja intensidad) con periodos más secos, en los que las precipitaciones son de carácter tormentoso (alta intensidad) (Fig. 11). Es en estos últimos, en los que la intensidad de la lluvia es lo suficientemente intensa como para producir escorrentía, cuando se produce el grueso de la movilización de sedimentos. La erosión afecta esencialmente a los materiales más superficiales meteorizados desarrollados durante etapas previas. Son necesarios por tanto una fase de preparación del material por meteorización (producción de regolito) y eventos puntuales de lluvia de carácter tormentoso con producción de escorrentía. Por ejemplo, en zonas de cárcavas desarrolladas en arcillas de las Bárdenas Reales, Gutiérrez et al., (1995) señalan la existencia de un umbral de 11 mm de lluvia para la generación de escorrentía y la producción efectiva de erosión hídrica.

Los procesos de erosión son particularmente intensos en los afloramientos de sedimentos lutíticos en los que se desarrollan zonas de cárcavas con una densa red de canales efímeros (*gullies*, *rills*) generalmente de elevada pendiente (Fig. 12). Estos modelados son más frecuentes en las laderas de solana, con menor cobertura vegetal, y se encuentran bien representados en Cerro Porpol (Fig. 14. A, D y F) y Alto de la Venta (Fig. 14. B, C y E). Cuando se producen eventos de precipitación con producción de escorrentía, ésta se concentra en los canales, produciéndose el encajamiento de los mismos por incisión. En ocasiones, los episodios de erosión tienen un efecto opuesto, al producirse coladas de fango de escasa movilidad que tienden a concentrarse en los produciendo acumulación de sedimento en los mismos (Fig. 14. E). Estas son zonas también propicias para el desarrollo de *piping*. Por otra parte, algunos canales derivan de antiguos conductos subsuperficiales colapsados.

Otro proceso importante en estas zonas de *badlands* es el *piping* (Fig. 14. C). Los conductos subsuperficiales son muy frecuentes en zonas semiáridas acarcavadas (Campbell, 1997). En nuestra zona encontramos su máximo desarrollo en las inmediaciones de las laderas de Cerro Porpol, en Alto de la Venta y Campo de Tiro (Fig. 14. A, B y C), donde existe una menor pendiente. En las zonas con pendientes altas la escorrentía generada inhibe la formación de este proceso. Varios factores están relacionados con su formación, entre ellos un contraste estacional con una fuerte variabilidad en las precipitaciones (Gutiérrez et al., 1997), la presencia de agrietamientos en superficie y un gradiente hidráulico que permita un flujo de agua subsuperficial (Campbell, 1997). En las zonas analizadas, los *pipes* desarrollados en margas (facies a1 y b5) son de unos 20 cm de diámetro (Fig. 14. A, B y C). La actuación de este proceso está favorecida por la presencia de materiales dispersivos y posiblemente con un elevado porcentaje de arcillas hinchables. El hinchamiento de las arcillas genera morfologías en *popcorn* y agrietamientos superficiales (Fig. 14. A y B) facilitando la infiltración de la escorrentía (Arulanandan y Heinzen, 1977; Hodges y Bryan, 1982). Además, la dispersión provoca la pérdida de cohesión en las arcillas facilitando su disgregación y movilización.

En algunas zonas como en las inmediaciones del Alto de la Venta observamos la presencia de *earth pillars* o *hoodoos* (chimeneas de hadas) de reducido tamaño (5-6 cm) (Fig. 13) generados por procesos de erosión diferencial. En algunos casos sobre las margas se acumulan cantos que protegen al material margoso infrayacente de la erosión, dando lugar a estas morfologías con un limitado potencial de preservación.



Figura 13. Earth pillar o Hoodoo (Chimenea de hadas) en Alto de la Venta

Otro proceso de importancia en la zona son los *mud flows* (Fig. 14. E). Estos movimientos de masas presentan su mayor desarrollo en los afloramientos de Alto de la Venta y Cerro Porpol, observándose también pero en menor medida en Campo de Tiro. Se producen cuando el regolito desarrollado en los sedimentos arcillosos y margosos, empapado durante eventos de precipitación, desliza ladera abajo hasta alcanzar los canales, dando lugar a flujos de sedimento cohesivos (Marín y Desir, 2010). Estas coladas de fango, generalmente con poca movilidad debido a su elevada viscosidad, tienden a acumularse en los canales. Cuando alcanzan la parte inferior de los mismos quedan desconfinadas lateralmente y se expanden dando lugar a morfologías en abanico. Se han reconocido coladas de barro de un tamaño considerable sobre todo en Alto de la Venta y Cerro Porpol (Fig. 14).

Los *mud flows* se producen principalmente sobre las margas (a1, b5). Las condiciones necesarias para que se generen son: a) litología adecuada (margas con una rápida transición hacia un comportamiento líquido); b) elevadas pendientes, que permitan al material deslizar y c) un aporte hídrico continuo que facilite a las margas alcanzar su límite plástico (Marín y Desir, 2006, 2010).

Por último se han identificado varios deslizamientos de carácter superficial en laderas abruptas asociadas a los márgenes de barrancos (barranco tributario del Río Rubielos), sobre el yacimiento de Río Rubielos (uno de los más importantes de esta cuenca) (Fig. 15). Estos deslizamientos se caracterizan por tener una cicatriz arqueada en cabecera (Fig. 15.3) y una acumulación de material caótica en la parte inferior, generalmente con una morfología convexa. (Fig. 15.1). Estos deslizamientos se forman principalmente en la cara externa de meandros donde se produce la socavación basal de las laderas con el consecuente aumento de la pendiente (Fig. 17).



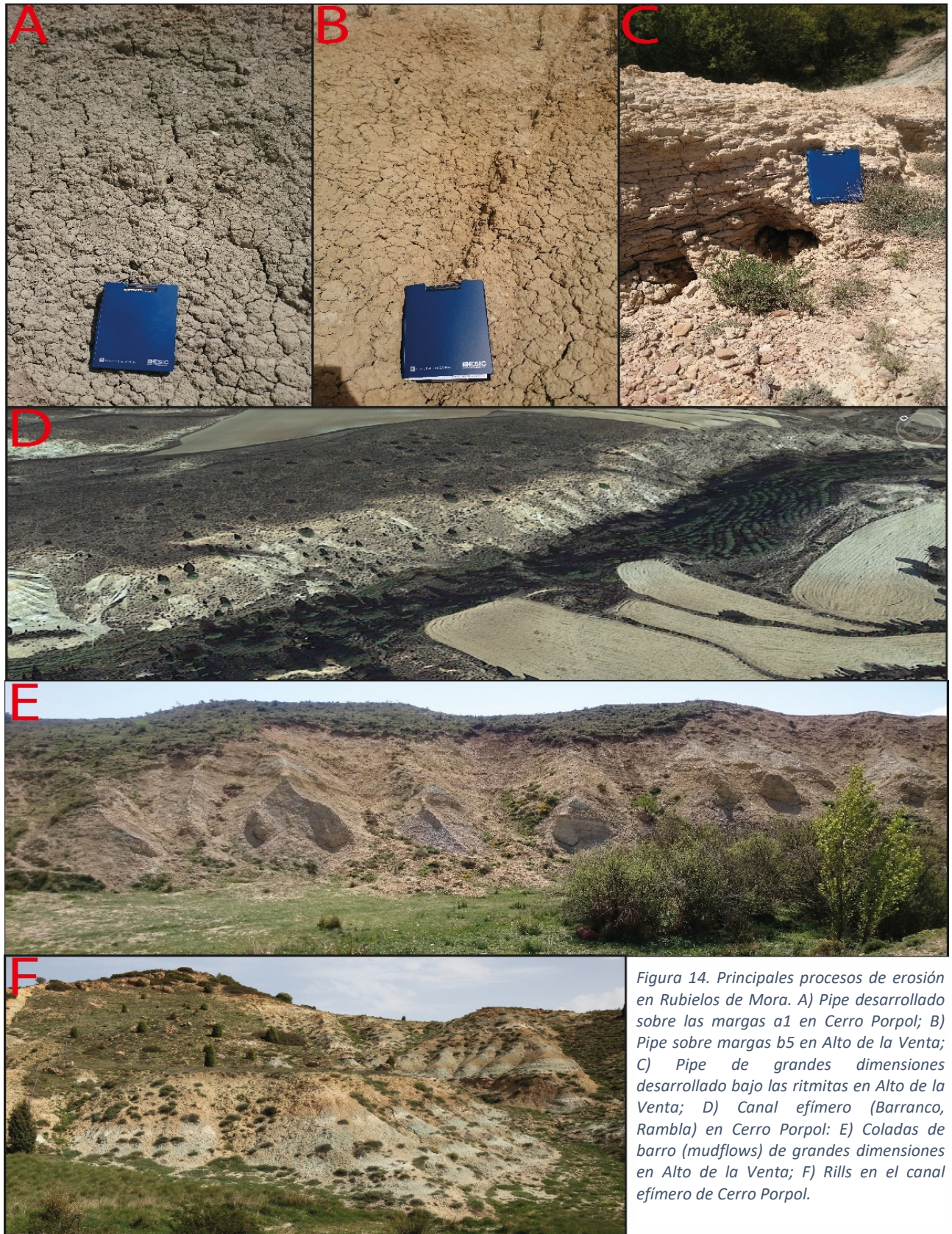


Figura 14. Principales procesos de erosión en Rubielos de Mora. A) Pipe desarrollado sobre las margas a1 en Cerro Porpol; B) Pipe sobre margas b5 en Alto de la Venta; C) Pipe de grandes dimensiones desarrollado bajo las ritmitas en Alto de la Venta; D) Canal efímero (Barranco, Rambla) en Cerro Porpol; E) Coladas de barro (mudflows) de grandes dimensiones en Alto de la Venta; F) Rills en el canal efímero de Cerro Porpol.



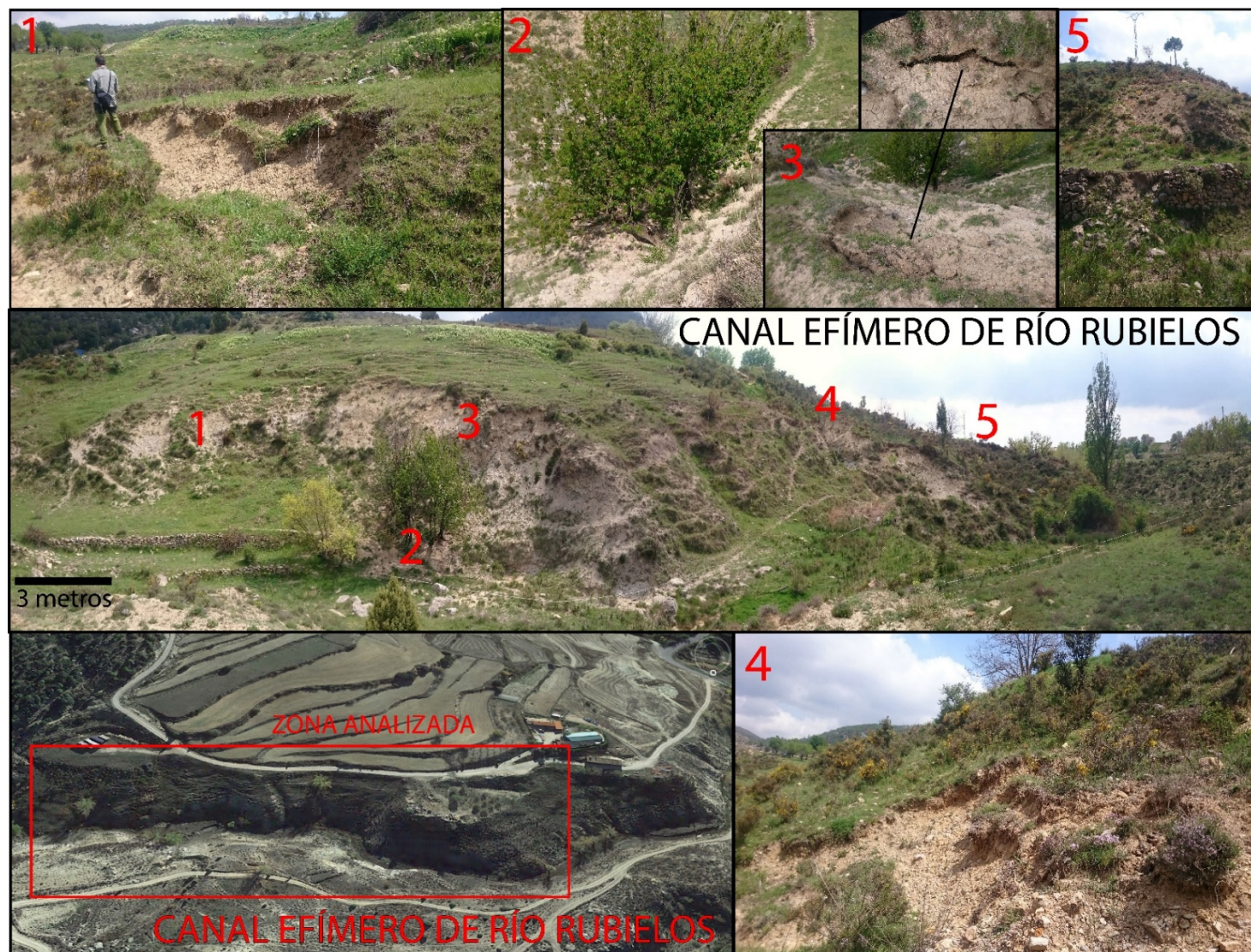


Figura 15. Deslizamientos analizados en el canal efímero de Río Rubielos donde se pueden observar varios deslizamientos que están afectando a esta zona donde se sitúa el yacimiento Río Rubielos, deslizamientos (1, 2, 3, 4, 5), se observan las cicatrices de algunos deslizamientos (1, 3), daños causados en un muro de contención por un deslizamiento (5), tronco de un árbol tumbado a favor de un deslizamiento (2).

## 7. PLAN DE ACTUACIÓN

### 7.1 CONSERVACIÓN.

El análisis de los procesos de erosión que actúan en la cuenca de Rubielos indica que los movimientos de masas son los que tiene un mayor impacto de cara al deterioro de los yacimientos, en concreto, los localizados en el barranco donde se emplaza el yacimiento Río Rubielos y catalogado en este trabajo como el más importante. Por este motivo se ha realizado una cartografía de detalle (Figs. 15 y 16) de los deslizamientos para analizar sus posibles daños y proponer medidas de protección.



Estos deslizamientos se desarrollan sobre los materiales de los ciclos óxico-anóxicos de la Unidad III del relleno de la cuenca. Estas facies fácilmente erosionables afloran bajo el nivel de glacis G2 (Fig. 17) en laderas del barranco de Río Rubielos con pendientes de 20-35°.



*Figura 16. Medidas estructurales de contención de deslizamientos preexistentes, estas medidas consisten en muros de escollera contruidos a base de mampostería de caliza seca en aterrazamientos. El impacto visual que ejercen sobre el paisaje es mínimo.*

Se ha observado que en la zona existen varias edificaciones en el borde de la ladera sobre el nivel de glacis G2 (Fig. 17) y una pista de acceso de vehículos. Esta circunstancia obligó a tomar medidas estructurales consistentes en la construcción de muros de mampostería seca, asociados a aterrazamientos (Fig. 16) para prevenir posibles deslizamientos y el consiguiente retroceso de la ladera. Pero estas medidas están localizadas en los puntos donde se observaron, deslizamientos y una de ellas está dañada, debido posiblemente a la actuación de un deslizamiento localizado en ese punto (Fig. 15.5). Estas medidas de carácter estructural posiblemente cambiarían el régimen de flujo del barranco ocasionando erosión basal en puntos donde antes esto no sucedía y nuevos deslizamientos pueden afectar directamente a los afloramientos donde se localiza el yacimiento Río Rubielos. Es aquí en donde se tratará de actuar para prevenir que estos procesos destruyan estos históricos afloramientos.



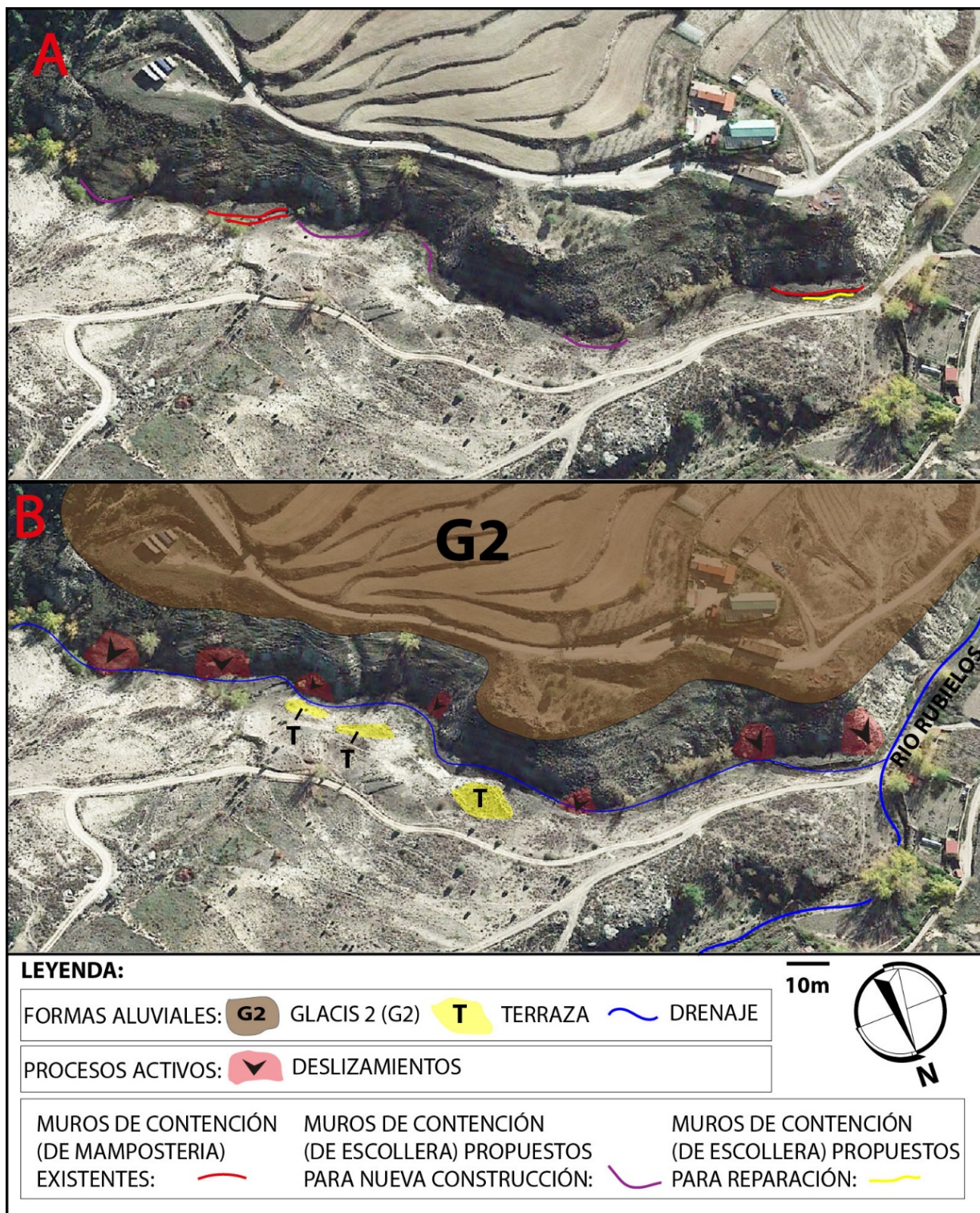


Figura 17: A) Situación de las medidas estructurales (muros de escollera) de contención, preexistentes, propuestas para reparación y nueva construcción. B) Cartografía de detalle de los procesos activos (deslizamientos) en el barranco dónde se localizan los afloramientos que dan lugar al afloramiento de Río Rubielos.

Una vez tenemos localizados los deslizamientos y analizado el proceso que los desencadena, se pueden proponer medidas para evitar su formación con el fin de preservar los afloramientos del yacimiento de Río Rubielos.

- Se propone reconstruir el muro de mampostería dañado (Fig. 15.5).
- Se proponen construir otros muros, esta vez de escollera en los puntos clave que aparecen detallados en la figura 17. A.

Se ha elegido realizar medidas estructurales de contención ya que contribuyen a estabilizar las laderas y prevenir la socavación basal, al tiempo que son estructuras altamente permeables que no obstaculizan el drenaje natural de la ladera (Millán López, J., A. et al. 2005) Los utilizados habitualmente en la corrección de laderas susceptibles de experimentar pequeños deslizamientos y son considerados como una solución óptima para el caso que nos ocupa por las siguientes razones: (1) costo limitado; (2) perdurabilidad; (3) son estructuras altamente permeables; (4) su impacto visual es menor al de otras soluciones equivalentes como los muros de gaviones.

Se ha comprobado la eficacia de estas medidas en el pasado (Fig. 16). Los muros de mampostería preexistentes en el barranco han cumplido su función de estabilización impidiendo la generación de deslizamientos y el retroceso de la ladera. Al haber localizado deslizamientos a lo largo del barranco si construimos muros en todos los puntos señalados (Fig. 17. A) conseguiremos frenar el desarrollo de los deslizamientos existentes y la futura erosión basal en toda la longitud del barranco con una infraestructura tradicional y lo más parecida a la existente con una mínima modificación y afección en el paisaje.

## **7.2 DIVULGACIÓN.**

### **7.2.1 Tema principal, subtemas y recursos tangibles e intangibles.**

El tema principal (más bien debemos incluir tres temas principales, que de manera horizontal se retroalimentan los unos con los otros) de este proyecto divulgativo hace referencia al lago fosilizado del Mioceno inferior y medio (Ramblense/Aragoniense inferior) que ocupaba la zona de Rubielos de Mora, destacando la particularidad de la fosilización excepcional en este medio sedimentario y la excepcionalidad de tener un ecosistema de clima templado-cálido como este, en un contexto global de condiciones climáticas cambiantes. Se centra pues en la geología estructural de formación de este lago,



su paleontología y su relleno estratigráfico que son, los que nos hacen posible reconocerlo como tal, hoy en día.



*Figura 18: Antiguas instalaciones de explotación minera de principios del siglo XX, las cuales se dedicaban a la explotación de las ritmitas bituminosas de la cuenca de Rubielos de Mora. Esta explotación estuvo a cargo de la empresa catalana “Sociedad Sabadell y Henry” (Perelló et al. 2015).*

Como subtemas podemos incluir la tafonomía de conservación excepcional, la erosión actual y la explotación minera de principios del siglo XX (Fig. 18) de las facies anóxicas de fondo de lago (oil shales).

Para conectar con el público debemos establecer recursos tangibles e intangibles:

- Los recursos tangibles están claros, son los depósitos sedimentarios, sus yacimientos y sus fósiles, así como, las estructuras de la antigua industria minera.
- Los recursos intangibles los establecemos a la hora de interpretar los depósitos sedimentarios (facies), generados como consecuencia de los procesos sedimentarios ocurridos en un medio concreto, es decir, como a través de unas rocas se infiere que allí hace 19 millones de años existió un lago y además, con la interpretación de los diferentes fósiles contenidos en esos sedimentos, ese lago y sus alrededores estuvo lleno de vida y que esa vida interaccionaba entre sí para formar un ecosistema.

### **7.2.2 Actividad. Guión de actividad y rutómetro.**

La actividad que se propone en este plan de divulgación es una salida de campo (*fieldwork*), en la que se visitan los afloramientos clave de la cuenca para:

- 1) Enmarcar el contexto geológico, estratigráfico-sedimentario, erosivo y paleontológico.
- 2) Enmarcar el contexto tafonómico, paleobiológico y climático.
- 3) Enmarcar el contexto cultural de origen industrial.

La salida de campo está organizada en 6 paradas, de las cuales las cuatro primeras se visitan por la mañana y las tres últimas después de comer (Guión de la actividad) (Fig. 18. A y 19):

- **Primera (Fig. 18. A y B):** Se visitara el afloramiento de las ritmitas bituminosas que aparecen en el yacimiento de Río Rubielos y que hacen referencia a la sedimentación laminada del fondo del lago. Estas ritmitas tienen una clara influencia estacional debidas a una alternancia de periodos secos y húmedos. Para esta parada se propone instalar un panel informativo (que será el discurso de la explicación de esta parada, la redacción del discurso se puede ver en la figura 21), este panel se puede ver en el anexo 2.1.
- **Segunda (Fig. 18. A y B):** Se visita un afloramiento de olistolitos, estos, están inmersos en las facies laminadas de fondo, se explicara la actividad sintectónica en la formación de la cubeta que da origen al lago y además, a pocos metros del afloramiento de los olistolitos observaremos el cambio de facies de las ritmitas a unas facies aluviales que forman parte de unos canales de llanura deltaica.
- **Tercera (Fig. 18. A y B):** Se visita las facies de arenas. Estas arenas son propias de sistemas de drenaje aluvial (abanicos aluviales), aquí, se recalca el contexto de cubeta y como esta cubeta ejercía de “vertedero” de la propia cuenca de Rubielos de Mora.
- **Cuarta (Fig. 18. A y B):** Se visita el paraje de Alto de la venta y se explican los procesos actuales de erosión que sufren estas facies y que, en menor o mayor medida, afectan a los yacimientos/afloramientos de conservación excepcional.
- **Quinta (Fig. 18. A y B):** Se visita un afloramiento de rocas del Mioceno superior-Plioceno que aparecen discordantes sobre todas las demás. Son el cierre por colmatación de la cuenca, y marcan la extinción del lago y la absorción del drenaje de la cuenca de Rubielos de Mora por otra etapa de deformación asociada con la aparición de la cuenca de La puebla de Valverde-Sarrión (Teruel).
- **Sexta (Fig. 18. A y D):** Se visita el yacimiento/afloramiento de Cerro Porpol donde se observa el ciclo ideal del fondo óxico-anóxico característico de este lago. Además, de manera voluntaria, se puede realizar la parada 6.b (si el grupo está de acuerdo), donde se localizan las instalaciones de la antigua industria minera del siglo XX (Fig. 17, 18. A y 19).

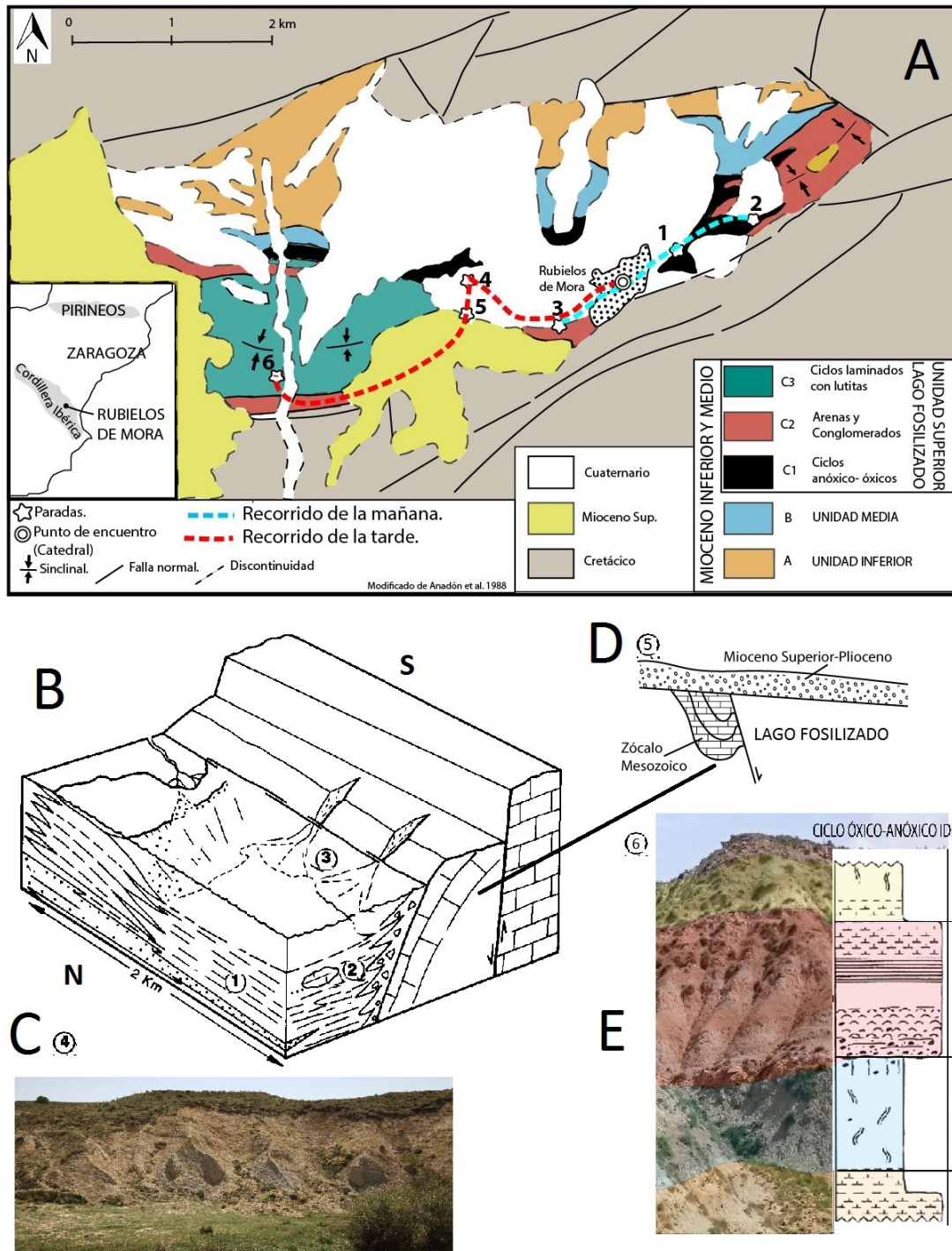


Figura 19. A: Mapa geológico de la cuenca de Rubielos de Mora dónde se muestra el punto de encuentro ubicado en la puerta de la catedral de Rubielos de Mora y las paradas a visitar en la actividad geoturística propuesta. Modificado de Anadón et al. (1991); B: Bloque diagrama del modelo sedimentario de Rubielos de Mora, los números hacen referencia a las paradas del recorrido geológico del plan divulgativo. Modificado de Anadón et al. (1991); C: Esquema a modo de corte geológico de la situación geológica de la parada 5; D: Esquema sedimentológico de los ciclos oxico-anóxicos observables en la parada 6. A y B, modificado de Anadón et al. (1991).

Estas paradas se visitan a pie y están distribuidas en dos recorridos (Fig. 19). El primer recorrido tendrá lugar por la mañana y se visitaran las paradas de la 1 a la 3. Este recorrido, con una longitud de 3 km (Fig. 18. A y 19), recorre pistas forestales y, en parte, transcurre por el núcleo urbano. Su dificultad es pequeña. El segundo recorrido se hace por la tarde y cuenta con una longitud máxima de 6km (ida y vuelta) (Fig. 18. A y 19). Recorre pistas forestales y su dificultad también es pequeña. Las variaciones topográficas, aunque mínimas, hacen que requiera un poco más de esfuerzo que el anterior recorrido. Si suponemos una velocidad media de 3 km por hora (andando suave) y añadimos unos 30 minutos de media por explicación en cada parada, el ajuste del rutómetro será el siguiente:

- A las 9 se realiza el encuentro en la puerta de la catedral de Rubielos de Mora. Esta actividad se puede extender de 9 a 9.15 por si hay que esperar a alguien.
- A las 9.45 se espera la llegada a la parada 1 (aunque este tiempo se ha sobreestimado para ahorrar minutos durante todo el recorrido), es una de las paradas más importantes ya que se realiza en el yacimiento/afloramiento de especial conservación de Río Rubielos el más importante de toda la cuenca. Esta explicación durará unos 40 minutos y se podrán recoger algunos materiales desprendidos.
- A las 10.20-25 se llega a la parada 2 donde se habla del contexto geológico general de la cordillera ibérica y se explica el proceso de formación de la cuenca y el efecto de la tectónica activa durante un depósito sedimentario. Esta explicación lleva unos 30 minutos.
- A las 11.00 se almuerza hasta las 11.20.
- A las 11.55 se llega a la parada 3 donde la explicación durará unos 20 minutos.
- A las 13.00 se regresa al pueblo para comer y reponer fuerzas.

Por la tarde:

- A las 14.10 se sale en busca de la parada número 4, a la cual se llega sobre las 14.35 y su explicación dura unos 20 minutos.
- A las 15.40 se llega a la última parada con la visita a Cerro Porpol (parada 6.a), donde se explican las facies que componen el ciclo óxico-anóxico ideal de este lago, y opcionalmente, con las instalaciones mineras de principios del siglo XX (parada 6.b) (Fig. 18. A y 19), donde se explica la capacidad extractiva de mineral, la forma de



extracción, la situación económica de la empresa y porque cerró. Esta explicación no se alarga más de 30 minutos.

- las 17.10 se contempla estar de vuelta en el pueblo.

Otra modalidad es la visita con el alquiler de un minibus ya que las pistas forestales son buenas. Solo dependerá de la capacidad económica para el proyecto y si existe o no, subvención.

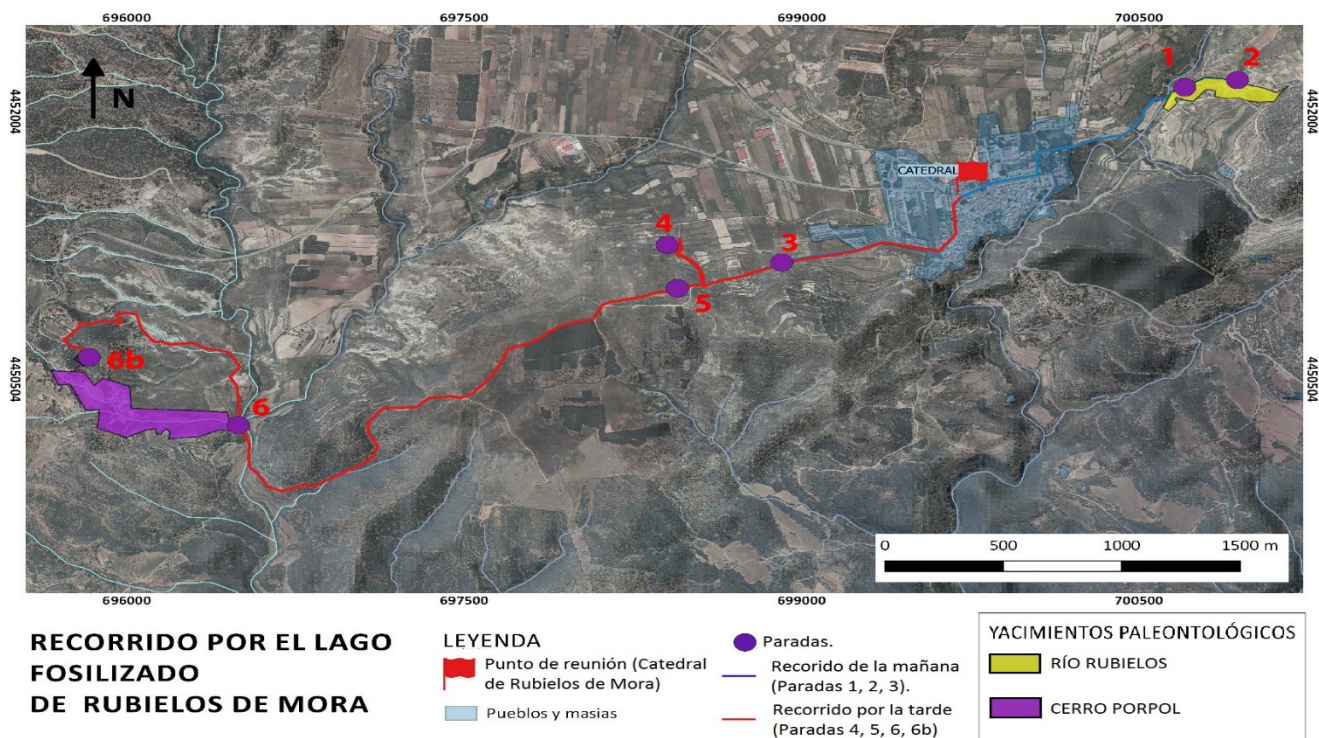


Figura 20: Ortofoto de la cuenca de Rubielos de Mora en la que se muestran los recorridos de la actividad divulgativa. Azul recorrido de la mañana (Paradas 1, 2, 3 y 4); Rojo: recorrido de la tarde (Paradas 5, 6 y 6b).

### 7.2.3. El plan de contingencias.

Como la actividad se realiza al aire libre hemos de preparar un plan de contingencia por si, debido a inclemencias meteorológicas o cualquier otro tipo de inconveniente ajeno a nuestro control o planificación, no se puede realizar el correcto funcionamiento de la actividad.

En la cuenca de Rubielos de Mora se estableció el centro satélite Región ambarina del territorio Dinópolis de Teruel, hecho que viene muy bien para poder ofrecer una visita alternativa a dicho centro. Se contempla establecer un convenio con los responsables de este museo con el fin de obtener un abaratamiento de las entradas. En cualquier caso este convenio también se puede ofrecer a los asistentes de la actividad con el fin

de que, aprovechando su estancia en la zona, lo pudiesen visitar de manera más económica.

En la visita a este centro de interpretación (debido a una eventual cancelación de la actividad principal) se acompañara al público y se hará una explicación de manera resumida de todo el discurso de la actividad principal (en un sitio resguardado de las inclemencias meteorológicas).

#### **7.2.4 Plan de actuaciones generales.**

No es necesaria mucha actuación, aunque si es conveniente realizar tres cosas:

- Instalación de paneles informativos, en concreto cinco, uno en el yacimiento de Río Rubielos, otro en el yacimiento de Alto de la venta, otro en el yacimiento de Cerro Porpol, uno más en el patrimonio cultural de la industria minera y otro en la catedral con los recorridos no guiados de visita a los yacimientos que se pueden hacer en bicicleta todo terreno (BTT) o andando.
- Señalización de los recorridos. Esta señalización constara en dos tipos principales:
  - o Señalización vertical con carteles de dirección en el núcleo urbano.
  - o Señalización con postes de colores indicando el camino correcto a seguir cada medio kilómetro (más o menos)
- Guías informativas: se contempla la edición de un *Field guide book* o guía de campo con toda la información necesaria sobre este recorrido (explicación de las paradas, fotografías de los afloramientos, mapas etc. (se contempla que este material este subvencionado por el Gobierno de Aragón u otra administración pública)

En el caso de elegir la modalidad de visita con minibús, no es necesaria la señalización de los caminos pero por el contrario es necesario establecer un contrato o un convenio con alguna empresa de servicios de autobuses con conductor o con la propia administración local-regional.

### **7.2.5 Diseño de los paneles informativos.**

El diseño de los paneles para este trabajo está basado en las propuestas de Mariotto y Venturini (2016), en el que proponen diferentes estrategias de elaboración de paneles divulgativos para museos, exposiciones... basadas en las ciencias de la Tierra.

Se propone realizar cinco paneles informativos con un tamaño de 60 x 80 cm distribuidos de la siguiente manera: en los yacimientos de Río Rubielos (Anexo 2.1), Alto de la venta y Cerro Porpol, uno en las inmediaciones del patrimonio cultural de las antiguas instalaciones mineras situadas en Cerro Porpol y por ultimo un panel más situado en el punto de encuentro (Anexo 1.2), en el que se muestra las posibles rutas para visitar los yacimientos que cuentan con panel explicativo, esas rutas estarán cartografiadas y además, se mostrara la topografía de cada una de ellas para que el senderista o ciclista pueda elegir la que más se adapte a sus necesidades. Para este trabajo se ha elegido presentar las rutas de senderismo y/o ciclistas (BTT) (Anexo 2.2) y el panel explicativo propuesto para el yacimiento/afloramiento de Río Rubielos (ya que es el que obtuvo la mejor valoración y evaluación en cuanto a su interés didáctico-turístico y, además, cuenta con los mejores resultados en cuanto a estado patrimonial) (Anexo 1.1 y 2.1). Con esta actuación se pretende dar a la cuenca y a este yacimiento más proyección y visualización de la que hasta ahora tiene, incluso concienciar al público de la importancia del yacimiento, y como fin último, promover una vigilancia colectiva ante el expolio (que es un problema que tienen en general los yacimientos de esta cuenca). Por otra parte se ha decidido incentivar el turismo en esta cuenca adaptando un panel explicativo a recorridos (en modalidad de bicicleta de montaña y senderismo) que llevan a varios de los yacimientos y a las antiguas instalaciones mineras de esta cuenca.

Las ilustraciones incluidas en los paneles se han realizado usando los programas informáticos: Q-gis Essen, Adobe Illustrator CC 2015, Adobe Photoshop CS6, El diseño final de los paneles se ha hecho mediante el programa Adobe InDesign CC 2015. Además, estos paneles se han subido a la plataforma DropBox (sistema de almacenamiento de datos en internet) en formato digital, con el fin de añadir a cada uno de los paneles un código Qr, con el que los eventuales visitantes pueden descargar de manera gratuita el panel en sus dispositivos móviles, tabletas etc. siempre y cuando dispongan de una aplicación con la que leer dichos códigos.

### *Panel informativo del yacimiento de Río Rubielos (Anexo 2.1)*

Se ha dividido en cuatro partes principales, organizadas en 2 grupos:

#### PRIMER GRUPO:

- La primera: Se trata de la escala temporal de la historia de la tierra, centrada en las eras Mesozoica, Cenozoica, cuaternaria y sus épocas, y obviando los primeros periodos del Paleozoico y Arcaico. Además de contar con el código de color internacional, se han añadido siluetas monocolor y sin escala que hacen referencia al ser vivo que más abundaba en cada periodo para que se reconozca de un vistazo y de manera muy general el proceso de la evolución de la vida hasta nuestros días. De esta escala parte todo el panel, pues se ha coloreado la época en la que se desarrolló el paleolago de Rubielos de Mora con la intención de contextualizarlo en la historia de la Tierra, y de aquí, parte la segunda división del panel.
- Segunda: Esta zona está dividida a su vez en dos subpartes: 1. Una parte enfocada a encuadrar la situación de la cuenca durante el Mioceno. Para ello se ha realizado un esquema de la situación paleogeográfica de Europa para este periodo y se ha escrito una breve aclaración de la situación climática en la Península Ibérica para el Mioceno. 2. Esta subparte es una recreación de las condiciones ambientales del paleolago de Rubielos de Mora, que cuenta con una explicación de las condiciones internas (físicas) de este lago que permitieron la preservación de la materia orgánica como conservación excepcional.

#### SEGUNDO GRUPO:

Una vez que el lector ha obtenido información sobre las condiciones generales en cuanto a tiempo, espacio, condiciones físicas y relevancia del yacimiento, se le conduce a la segunda parte del panel, donde se especifica cómo se produjo la conservación excepcional y cuáles son los fósiles (ejemplares concretos), que han sido encontrados en este yacimiento.

- Tercera: En esta parte se muestra la explicación del proceso de conservación excepcional en el paleolago de Rubielos de Mora, de como la materia orgánica ha sido conservada y que elementos han intervenido para que hoy en día encontremos insectos articulados conservando sus partes blandas.



- Cuarta: Esta parte está encaminada a mostrar esos ejemplares que durante todo el recorrido explicativo hemos mencionado como únicos y de un valor científico incalculable.

En este yacimiento se ha configurado una parada en la actividad geoturística propuesta durante el apartado 7.2.

*Panel de propuesta de rutas para visitar algunos yacimientos/afloramientos en BTT y a pie (Anexo 2.2)*

El segundo panel que se ha diseñado para este plan de divulgación trata de acercar al público los yacimientos de la cuenca de Rubielos de Mora, proponiendo diferentes rutas para hacer en bicicleta de montaña (BTT) o andando. En este panel se detalla la ruta más sencilla, su perfil topográfico y las características de los yacimientos a los que se accede si se decide a realizar la ruta, cada una de ellas cuenta, además, con un tiempo de realización estimado si se va a pie y una descripción relativa de las dificultades que el usuario va a encontrar durante su recorrido. Este panel se instalara en el núcleo urbano de Rubielos de Mora, más concretamente cerca del punto de encuentro (Fig. 20 y Anexo 2.2).

#### **7.2.6. Estimación de los costes y precio de la actividad.**

En circunstancias normales (es decir, si no se realiza ninguna actuación de adecuación, tabla 6) el coste sería solamente para cubrir los gastos de contratación del guía. El precio de la actividad sería de 10 euros por persona (los niños hasta 10 años, 7 euros), siendo necesario un grupo mínimo de 10 personas adultas para cubrir gastos.

Si se realizaran las actuaciones de adecuación en caminos e instalación de paneles propuestos, un precio razonable podría rondar los 15 euros (los niños hasta 13 años, 10 euros), siendo necesario un grupo mínimo de 10 personas adultas para cubrir gastos.

Si se opta por la modalidad en minibús el precio de la actividad estaría en función del gasto del alquiler del minibús. La actividad la podríamos reducir a medio día (el alquiler sería también de medio día). El precio de la actividad en minibús estaría entorno a los 20-25€ por persona, siendo necesario un grupo mínimo de 10 personas adultas para cubrir gastos.

PRESUPUESTO DE LOS COSTES DE ADECUACIÓN				
TIPO DE ACTUACIÓN	OBJETO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
INSTALACIÓN DE PANELES	PANELES	5	200	1000
	SOPORTE	5	50	250
SEÑALIZACIÓN	SEÑALIZACIÓN VERTICAL EN EL NUCLEO URBANO	5	50	250
	SEÑALIZACIÓN VERTICAL EN CAMINOS (POSTES)	120	20	2400
EDICIÓN DE GUÍAS INFORMATIVAS	GUÍA INFORMATIVA	1	500	500
IMPRESIÓN DE GUÍAS INFORMATIVAS	GUÍA INFORMATIVA	100	10	1000
TOTAL DE LOS COSTES DE ACTUACIÓN (euros)				5150

Tabla 6: Presupuesto de los costes de actuación.

## 8. CONCLUSIONES.

En general la cuenca Neógena de Rubielos de Mora ha demostrado ser un lugar relevante para el interés científico, no tanto para el socio-cultural ya que tiene barreras de cara al público. La mayoría de los lugares con interés son de propiedad privada y algunos sufren de afecciones para su conservación patrimonial.

En cuanto a su uso científico, destacan principalmente Rio Rubielos, Alto Ballester, Cerro Porpol y Campo de Tiro.

El uso didáctico-turístico se restringe a tres lugares:

- Rio Rubielos por su importancia científica y didáctica.
- Cerro Porpol gracias a su gran valor histórico complementario (patrimonio cultural), su ejemplo como *badland* y su afloramiento del ciclo óxico-anóxico ideal.
- Alto de la Venta por ser un enclave muy representativo del paisaje de *badland* pudiendo observar en él los procesos característicos de estas zonas.

En conclusión, Rio Rubielos, Alto de la Venta y Cerro Porpol se presentan como los afloramientos más importantes, con unas buenas aptitudes para su explotación científica y didáctico-turística, son enclaves que sirven para mostrar la estratigrafía y paleontología del paleolago de Rubielos de Mora y son considerados, por ello, como el motor del

geoturismo de la zona. Hecho que se refleja en el estudio de geoconservación y en el plan divulgativo elaborados en este trabajo

Se propone establecer medidas que protejan y mejoren el actual estado patrimonial en el que se encuentran algunos afloramientos. En el caso de Río Rubielos, se han cartografiado y analizado varios deslizamientos superficiales. Se propone la construcción de 90 metros de muro de escollera dividido en 4 tramos, además de la reparación de un antiguo muro de mampostería dañado.

El plan de actuación propone una actividad de divulgación geológica que consiste en una salida de campo geoturística guiada, así como 3 rutas para realizar de forma autónoma en modalidad BTT o a pie. Para su realización se propone complementarlas con la elaboración y colocación de diferentes paneles informativos en puntos estratégicos de las mismas. Con esta actividad se pretende dar a conocer los afloramientos más importantes desde un punto de vista paleontológico y geológico del paleolago de Rubielos de Mora.

El estudio de geoconservación y el plan de divulgación propuestos en este trabajo suponen un mínimo de inversión con la que se puede conseguir la rentabilidad que ayude a proteger el afloramiento más importante de la cuenca, a la vez que se puede explotar la calidad turística-divulgativa de la cuenca en general, obteniendo un soporte a la economía sostenible local. Finalmente, las medidas de explotación propuestas para los bienes patrimoniales inmuebles de la cuenca de Rubielos de Mora podrían aportar mayor calidad al bagaje cultural turolense y aragonés.

## 9. BIBLIOGRAFIA.

- Aguilar Tomas, M.J. (1974). Reconocimiento geológico del Terciario con pizarras bituminosas de Rubielos de Mora (Teruel). CIEPSA. CV-369.
- Aguilar Tomas, M.J. (1977). Excursión al Terciario de Rubielos de Mora. XI curso de geología práctica. Teruel.
- Aguirre, E. y Moissenet, E. (1972). Précisions sur le gisement miocene de Rubielos de Mora (Province de Teruel, Espagne). Melanges de la Casa de Velázquez, 8, 561-564.
- Aladrén, A. (2016). Recursos patrimoniales de la cuenca neógena de Rubielos de Mora. Trabajo de fin de grado. Universidad de Zaragoza. 20 p.
- Alcalá, B. (1997). Prospección palinológica en el Neógeno de Teruel. Revista del Instituto de estudios turolenses, 85(I): 9-20.
- Alcalá, L. (1999). Reflexiones acerca de la protección del patrimonio paleontológico en España. Coloquios de Paleontología, 50: 45-51.
- Alcalá, L. y Morales, J. (1994). Towards a definition of spanish pálaeontological Heritage. En: Geological and Landscape conservation (O'Halloran, Green, C., Harley, M., M. y Knill, J., eds.). Geological Society, Londres, 57-61.
- Álvarez Sierra, M. A. y Daams, R. (1987). Pseudotheridomys fejfari, a new species of Eomyidae (Rodentia) from the Lower Miocene of North Teruel (Spain). Scripta Geologica, Leiden, 83: 19-26.
- Álvarez-Ramis, C. y Fernández-Marrón, T. (1994). Conexiones establecidas entre los palinomorfos y los macrorestos vegetales del Mioceno medio de Rubielos de Mora (Teruel). En: Polen y esporas: contribución a su conocimiento. VLII Simposio de Palinología (A.P.L.E.) (De Irene La-Seina, eds.), Tenerife, 323-331.
- Anadón, P. (1983). Características generales de diversas cuencas lacustres terciarias con pizarras bituminosas del NE de la Península Ibérica. Comunicaciones del X Congreso Nacional de Sedimentología, 1: 9-12.
- Anadón, P., Cabrera, L. y Julià, R. (1988b). Anoxic-oxic cyclical lacustrine sedimentation in the Miocene Rubielos de Mora Basin (Spain). En: Lacustrine Petroleum Source Rocks. Geological Society of London Special Publication (Kelts, K., Fleet, A. & Talbot, M., Eds.), Londres, 40: 353-367.

- Anadón, P.; Cabrera, L.; Julià, R. y Marzo, M. (1991). Sequential arrangement and asymmetrical fill in the Miocene Rubielos de Mora Basin (northeast Spain). En: *Lacustrine Facies Analysis* (Anadón P., Cabrera L., y Kelts k., eds.). Special publication of International Association of Sedimentologists. Londres, 13: 257-275.
- Anadón, P., Cabrera, L., Ingles, M., Julià, R. y Marzo, M. (1988a). Excursion Guidebook - The Miocene Lacustrine Basin of Rubielos de Mora. En: *Lacustrine facies models in Rift Systems and related natural resources*, International Workshop-Field Seminar, (Anadón, P., Cabrera, L. y Julià, M., eds.). Barcelona, 40: 353-367.
- Anadón, P., Cabrera, L., Julia, R., Roca, E. and Rosell, L. (1989). Lacustrine oil-shale basins in tertiary grabens from NE Spain (western european rift system). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 70: 7-28.
- Arulanandan, K. y Heinzen, R.T. (1977). Factors influencing erosion in dispersive clays and methods of identification. *Erosion and solid matter transport in inland waters*. IAHS, 122: 76-81.
- Barrón, E. (1997). Estudio paleobotánico de la cuenca miocena inferior de Rubielos de Mora (Teruel, España). En: *Libro de Resúmenes y Excursiones de XIII Jornadas de Paleontología*, (Grandal A., D'Anglade, Gutiérrez-Marco J.C. y Santos Fidalgo L., eds.), 149-151.
- Barrón, E. y Santisteban, C. (1999). Estudio palinológico de la cuenca miocena de Rubielos de Mora (Teruel, España). Aspectos paleoecológicos y paleobiogeográficos. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, 95 (1-4): 67-82.
- Barrón, E. & Diéguez, C. (2001). Estudio macroflorístico del Mioceno Inferior lacustre de la Cuenca de Rubielos de Mora (Teruel, España). *Boletín Geológico y Minero*, 112 (2): 13-56.
- Barrón, E.; Rivas Carballo, M.R. y Valle, M.F. (1996). Síntesis bibliográfica de la vegetación y clima de la Península Ibérica durante el Neógeno. *Revista Española de Paleontología*, nº extraordinario, 225-236.
- Bruijn, H. de and Moltzer, J. G. (1974). The rodents from Rubielos de Mora: the first evidence of the existence of different biotopes the Early Miocene of eastern Spain. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen, B.*, 77: 129- 145.



- Campbell, I.A. (1997). Badlands and badland gullies. En: *Arid Zone Geomorphology: Processes, Form and Change in Drylands* (D.S.G. Thomas, eds.). Wiley. London, 713 p.
- Carcavilla Urquì, L. (2009): Perspectivas en el estudio del patrimonio geológico en España En: *II Jornadas de Investigadores en Formación en Ciencias de la Tierra. Comunicaciones*. 1: 1-8.
- Cerdeño, E. (1989). Revisión de la Sistemática de los rinocerontes del Neógeno de España. Colección Tesis Doctorales, 306/89, Edit. Universidad Complutense de Madrid: 429 p.
- Chica, T. y Peñalver, E. (1990). Yacimiento paleoherpetológico de Rubielos de Mora (Teruel). Resumos I Congresso Luso-Espanhol (V Congresso Espanhol) de Herpetología. Lisboa. 22 p.
- Climate Data (en línea): Climograma de Rubielos de Mora (fecha de consulta 06/06/2017) < <https://es.climate-data.org/location/177564/> >
- Crusafont, M., Gautier, F. y Ginsburg, L. (1966). Mise en évidence du Vindobonien inférieur continental dans l'Est de la province de Teruel (Espagne). *Compte Rendu Somrnair des Séances de la Société Géologique de France*, 1: 30-31.
- Demiguel D., Azanza B. y Morales J. (2010). Trophic lexibility within the oldest Cervidae lineage to persist through the Miocene Climatic optimum. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 289: 81-92.
- Demiguel, D.; Quiralte, V.; Azanza, B.; Montoya, P. y Morales, J. (2012). Dietary behaviour and competition for vegetal resources in two Early Miocene pecoran ruminants from Central Spain. *Geodiversitas*, 34 (2): 425-443.
- Desir, G. y Marín, C. (2009a). Caracterización de la erosión en áreas acarcavadas de la Fm. Tudela (Bardenas Reales, Navarra). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 35 (2): 195-213.
- Fernández Marrón, T., y Alvarez-Ramis, C. (1988). Note preliminaire sur l'étude paléobotanique du gisement de Rubielos de Mora (Teruel, Espagne). *Résumés Seminaire de Paleobotanique. Organisation Francaise de Paleobotanique*, Lille, 7.
- Fernandez Navarro, L. (1914). La cuenca petrolífera de Rubielos de Mora. *Revista de la Academia de Ciencias*, 13: 237-255.

- Fernández Rubio, F.; Peñalver, E. y Martínez-Delclos, X. (1991). Una nueva especie de Lepidoptera Zygaenidae del Mioceno de Rubielos de Mora (Teruel). Descripción y filogenia. Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Alava, 6: 77-93.
- Ferrer, J.; Roiron, P.; Liñán, E.; Díez, J.B. y Muñoz-Barragán, P. (1998). La riqueza paleobotánica de Rubielos de Mora. . I Jornadas sobre el Patrimonio de la provincia de Teruel. Paleontología. Rubielos de Mora. 449 p.
- García Cortes A.; Carcavilla L.; Díaz Martínez E.; Vegas V. (2014). Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Área de Investigación en Patrimonio Geológico y Minero del I.G.M.E., 64 p.
- Gavala, J. (1921). Nota acerca de los yacimientos de lignitos y pizarras bituminosas de Rubielos de Mora (Teruel). Boletín del I.G.M.E., 42(2): 263-302.
- Gibert, J. (1974). Étude des insectivores du Miocène du Vallès-Penedès Calatayud-Daroca et Rubielos de Mora. Tesis Doctoral. Sabadell.
- Gibert, J. (1975). New insectivores from the Miocene of Spain. Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen, B., 78 (2): 108-133.
- Godoy, A. y Anadón, P. (1986). Memoria y Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 2" ser. Hoja 591. Mora de Rubielos. Instituto Geológico y Minero de España, 52 p.
- Guimerá, J. (1990): Formación de una cubeta extensional en un contexto extensivo: la cuenca miocena de Rubielos de Mora (Teruel). Geogaceta, 8: 33-35.
- Gutiérrez, M., Sancho, C., Benito, G., Sirvent, J. y Desir, G. (1997). Quantitative study of piping processes in badland areas of the Ebro Basin, NE Spain. Geomorphology, 20: 237-253.
- Gutiérrez, M., Sancho, C., Desir, G., Sirvent, J., Benito, G. y Calvo, A. (1995). Cuantificación de la erosión hídrica y procesos geomorfológicos en terrenos arcillosos y yesíferos de la Depresión del Ebro. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, 389 p.
- Heie, O.E. y Peñalver, E. (1999). Palaeophylloxera nov. Gen., the first fossil specimen of the family Phylloxeridae (Hemiptera: Phylloxeroidea); Lower Miocene of Spain. Geobios, 32 (4): 593-597.

- Hernández-Sampelayo, P. y Cincúnegui, M. (1926). Cuenca de esquistos bituminosos de Ribesalbes (Castellón). Boletín del Instituto Geológico y Minero de España, 6 (3): 3-86.
- Herczek, A.; Popov, Y.A. y Peñalver, E. (2000). The first record of cylapinous plant bugs from the Lower Miocene of Spain: *Aragocylapus miocaenicus* n. gen., n.sp. (Heteroptera: Miridae: Cylapinae). Acta Geológica Hispánica, 35 (1-2): 183-188.
- Hodges, W.K. y Bryan, R.B. (1982). The influence of materials behaviour on runoff initiation in the Dinosaur Badlands, Canada. En: Badland Geomorphology and Piping (R. Bryan y A. Yair, eds.). GeoBooks. Norwich, 13-46.
- Hoek Ostende, L.W. (1997). Insectivore faunas from the Lower Miocene of Anatolia. Part 4: The genus *Desmanodon* (Talpidae) with the description of a new species from the Lower Miocene of Spain. Proc. Kon. Ned. Akad. V. Wetensch., 100 (1-2): 27-65.
- Jiménez Moreno G., Fauquette S., Suc J.-P. y Aziz H. A. (2007a). Early Miocene repetitive vegetation and climatic changes in the lacustrine deposits of the Rubielos de Mora Basin (Teruel, NE Spain). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 250: 101-113.
- Jiménez Moreno G., Aziz H. A., Rodríguez-Tovar F. J., Pardo Igúzquiza E. y Suc J.-P. (2007b). Palynological evidence for astronomical forcing in Early Miocene lacustrine deposits from Rubielos de Mora Basin (NE Spain). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 252: 601-616.
- López Martínez, N. (1989). Revisión sistemática y biostratigráfica de los Lagomorpha (Mammalia) del Terciario y Cuaternario de España. Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza, 3: 1-350.
- Marín, C. y Desir, G. (2006). Descripción morfológica y origen de las coladas de barro desarrolladas sobre arcillas terciarias en la depresión de Bardenas Reales (Depresión del Ebro). En: Geomorfología y Territorio (A. Pérez-Alberti y J. López-Bedoya, eds.). Universidad de Santiago de Compostela, 221-234.
- Marín, C. y Desir, G. (2010). Procesos de erosión en una zona de clima semiárido de la depresión del Ebro (Bardenas Reales, NE de España). Rev. C. & G., 24 (3-4), 63-72.

- Martínez Delclos, X., Belinchón, M. y Peñalver, E. (1989). Insectos del Mioceno. Rubielos de Mora (Teruel). Resúmenes de comunicaciones V Jornadas de Paleontología, 97-98.
- Martínez Delclos, X., Peñalver, E. y Belinchón, M. (1991). Primeras aportaciones al estudio de los insectos del Mioceno de Rubielos de Mora, Teruel (España). Revista Española de Paleontología, nº Extraordinario, 125: 1-37.
- Mata Perelló, J. M. Pocoví, A. Sanz Balagué y J.J. Vilaltella, J. (2015): Recorrido geológico y mineralógico por la comarca de Gúdar-Javalambre: desde Mosqueruela a Linares de Mora a Valdelinares y a Rubielos de Mora. Rodeno, Revista geológica aragonesa, 1: 1-18.
- Melendez, G., Peñalver E., El patrimonio paleontológico de Teruel. I Jornadas sobre el Patrimonio de la provincia de Teruel. Paleontología. Rubielos de Mora. 449 p.
- Millán López, J. A., Andrade Medina, O., Villamil, J. G., Díaz Usme O. (2005): Medidas estructurales utilizadas en la gestión de riesgos. En: Guía ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Bogotá, 31-45.
- Montoya, P., Peñalver, E., Ruiz-Sánchez, F.J., De Santisteban, C., Alcalá, L., Belinchón, M. y Lacomba, J.I. (1996). Los yacimientos paleontológicos de la cuenca terciaria continental de Rubielos de Mora (Aragón). Revista Española de Paleontología, nº extraordinario: 215-224.
- Morales, J. y Alcalá, L., (1994). Towards a definition of spanish pálaeontological Heritage. En: Geological and Landscape conservation (O'Halloran, Green, C., Harley, M., M. y Knill, j., eds.). Geological Society, Londres, 57-61.
- Moissenet, E. y Gautier, F. (1971). Précisions sur le gisement miocene de Rubielos de Mora (Province de Teruel, Espagne). Melanges de la Casa de Velázquez, 7: 561-564.
- Pasquaré Mariotto F. y Venturini C. (2016). Strategies and Tools for Improving Earth Science Education and Popularization in Museums. Geoheritage. Publicación Online.
- Peñalver, E. (1997). Hojas fósiles del Terciario de Teruel con marcas de herbivorismo debidas a orugas. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 19: 29-33.

- Peñalver E., (1998). Estudio tafonomico y paleoecologico de los insectos del Mioceno de Rubielos de Mora (Teruel), Instituto de Estudios Turolenses. Teruel, 179 p.
- Peñalver, E. (2002). Los insectos dípteros del Mioceno del Este de la Península Ibérica; Rubielos de Mora, Ribesalbes y Bicorp. Tafonomía y sistemática. Tesis Doctoral. Universitat de València. Valencia, 548 p.
- Peñalver, E. y Martínez Delclòs, X. (1997). Evidencias de interacción entre insectos y plantas durante el Mioceno (cuencas lacustres de Rubielos de Mora, Teruel y Ribesalbes-Alcora, Castellón). En: Avances en el conocimiento del Terciario Ibérico. (Calvo J.P. y Morales J., eds.), 153-155.
- Peñalver, E. y Baena, M. (2000). Primer registro fósil del género *Dicyphus* (Insecta: Hemiptera: Miridae); Mioceno Inferior de Teruel (España). Revista Española de Paleontología, 15 (1): 49-56.
- Peñalver, E.; Martínez Delclòs, X. y De Renzi, M. (1996). Registro de pulgas de agua [Cladocera: Daphniidae: *Daphnia* (Ctenodaphnia)] en el Mioceno de Rubielos de Mora (Teruel, España). 2ª Reunión de Tafonomía y Fosilización, 311-317.
- Peñalver, E.; Martínez Delclòs, X. y Serra, A. (1997). Hallazgo del género *Lithobius* (Chilopoda, Lithobiomorpha) en el registro fósil del Mioceno de Rubielos de Mora. En: Avances en el conocimiento del Terciario Ibérico. (Calvo J.P. y Morales J., eds.), 149-152.
- Prado, J. G., Suárez-Ruiz, I., Borrego, M. A. G. and García, A. M. (1988). The nature of organic matter in oil shales from Rubielos de Mora. International Workshop "Lacustrine facies models in rift system and related natural resources" Barcelona-Rubielos de Mora. Abstracts, 1.
- Roiron, P. (1992). Flores, végétation et climats du Neogène Méditerranéen: apports de macroflores du Sud de la France et du Nord-Est de l'Espagne, Université de Montpellier 2, Montpellier. 367 p.
- Roiron, P., Ferrer, J., Liñán, E., Rubio, C., Diéguez, J.B., Popescu, S. y Suc, J.P., (1999). The flora of the Rubielos de Mora lacustrine basin: climatic conditions during the Lower Miocene in the Teruel region (Spain). C. R. Acad. Sci. Paris, 329 (II): 897-904.



- Rubio, C., (2001), Geología y paleobotánica del Mioceno lacustre del sector Este de la localidad turolense de Rubielos de Mora (Barranco de Alto Ballester), Tesis de Licenciatura (inédita), Universidad de Zaragoza. 123 p.
- Rubio, C.; Díez, J.B. y Ferrer, J. (2000a). Asociaciones fósiles representadas en los materiales miocenos de Rubielos de Mora, Teruel. Un buen ejemplo del rico patrimonio paleontológico aragonés. Resúmenes del I Congreso Ibérico de Paleontología/ XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. 185-186.
- Rubio, C.; Roiron, P.; Ferrer, J.; Liñán, E.; Díez, J.B.; Popescu, S. y Suc, J.P. (2000b). Nouvelles données sur la stratigraphie et les flores du bassin miocène de Rubielos de Mora (Teruel, Espagne). En: 10<sup>ème</sup> Colloque de l'Organisation Française de Paléobotanique (Ferrer, J., Díez, J.B., Rubio, C. y Dies, M.E., eds.), Monografías de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza, 16: 36-46.
- Sanchiz, F. B. (1977). Catálogo de los anfibios fósiles de España. *Acta Geológica Hispánica*, 12: 103-107.
- Urban M. A., Nelson D. M., Jimenez-Moreno G., Chateauneuf J.- J., Pearson A. y Hu F. S. (2010). Isotopic evidence of C4 grasses in southwestern Europe during the early Oligocene middle Miocene, *Geology*, 38: 1091–1094.
- Villanueva Amadoz, U., (2006-2007). Estudio paleopalinológico de Rubielos de Mora (Teruel) y sus implicaciones paleoclimaticas. Resumen del trabajo realizado con una ayuda concedida por el Instituto de Estudios Turolenses en su XXI Concurso de Ayudas a la Investigación de 2003. Área de Paleontología, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. 91(I): 27-53.



## ANEXO I

Geoconservación y Geoturismo del patrimonio paleontológico de la cuenca de Rubielos de mora: estrategias para su puesta en valor y caracterización de procesos activos.

## 1. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL INTERÉS PATRIMONIAL CON VALOR CIENTÍFICO.

<b>Naturaleza de los fósiles</b>	<b>Puntos</b>
Fósiles comunes, es fácil encontrarlos en su ámbito geográfico.	0
Fósiles raros en su ámbito geográfico.	1
Fósiles raros a nivel mundial.	2
Rareza inusual, fósiles únicos a nivel mundial.	4
<b>Edad Geológica</b>	<b>Puntos</b>
Edad común en su ámbito geográfico o cuenca.	0
Edad poco documentada en su ámbito geográfico o cuenca.	1
Edad no documentada anteriormente en su ámbito geográfico o cuenca.	2
Edad rara, inusual a nivel global.	4
<b>Localidad tipo</b>	<b>Puntos</b>
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas.	0
Localidad-tipo de una especie.	1
Localidad-tipo de la especie-tipo de un género, o localidad-tipo de varias especies.	2
Localidad-tipo de la especie-tipo del género-tipo de una agrupación a nivel de familia o superior.	4
<b>Preservación</b>	<b>Puntos</b>
Restos mal preservados.	0
Restos de conservación común.	1
Con restos que muestran una conservación no común (elementos articulados, preservación de partes blandas, etc.).	2
Yacimiento de conservación excepcional (Konservat Fossil-Lagerstätten).	4
<b>Asociación con restos arqueológicos</b>	<b>Puntos</b>
No existen restos arqueológicos en la zona.	0
Asociado con restos arqueológicos de interés nacional.	1
Asociado con restos arqueológicos de interés internacional.	2
Asociado a yacimientos arqueológicos de interés excepcional.	4
<b>Paleobiodiversidad</b>	<b>Puntos</b>
Biodiversidad escasa.	0
Biodiversidad media.	1
Biodiversidad alta.	2
Biodiversidad excepcional, permite estudios a nivel de ecosistema.	4
<b>Información tafonómica</b>	<b>Puntos</b>
No existe información tafonómica (yacimientos no excavados metodológicamente).	0
Existe información tafonómica, pero esta es común en su ámbito geográfico o cuenca.	1
Aporta información tafonómica relevante en su ámbito geográfico o cuenca.	2
Yacimiento clave para la tafonomía como ciencia. Tafonomía inusual.	4

<b>Interés Bio- Cronoestratigráfico</b>	<b>Puntos</b>
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas.	<b>0</b>
Yacimiento de interés a nivel de cuenca. Permite trazar una isócrona a nivel de cuenca o está integrado en áreas de referencia de unidades de amplio uso científico.	<b>1</b>
Yacimiento o nivel de referencia de unidades de amplio uso científico.	<b>2</b>
Estratotipo aceptado por la IUGS.	<b>4</b>
<b>Sitio de interés Geológico</b>	<b>Puntos</b>
No tiene interés geológico.	<b>0</b>
Interés geológico moderado.	<b>1</b>
Interés geológico alto.	<b>2</b>
El propio yacimiento corresponde o se integra en un punto de interés geológico.	<b>4</b>
<b>Sitio de interés Científico futuro</b>	<b>Puntos</b>
Sin interés o yacimiento agotado.	<b>0</b>
Ha sido objeto de tesis doctorales o monografías y en trabajos publicados en revistas científicas. Es susceptible de ser integrado en futuros proyectos.	<b>1</b>
Existen trabajos y/o tesis doctorales sobre el lugar en curso. Se encuentra integrado en proyectos de investigación en curso.	<b>2</b>
Yacimiento que pese a su excepcional relevancia científica aún no ha sido publicado.	<b>4</b>

#### **1. B. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL INTERES PATRIMONIAL CON VALOR SOCIOCULTURAL.**

<b>CARACTERISTICAS QUE APORTAN RIESGO A LA CONSERVACIÓN</b>	
<b>Fragilidad</b>	<b>Puntos</b>
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	<b>0</b>
El yacimiento por sus características y localización es resistente, pero alterable	<b>1</b>
El yacimiento por sus características y localización es frágil	<b>2</b>
El yacimiento por sus características y localización es muy frágil, con riesgo elevado de desaparición a corto plazo	<b>4</b>
<b>Vertederos</b>	<b>Puntos</b>
No existe en las inmediaciones ningún vertedero	<b>0</b>
Existe un vertedero cercano que podría acabar afectando al yacimiento	<b>1</b>
El yacimiento se ubica en un vertedero pero su afección no es aún grave	<b>2</b>
El vertedero se encuentra sobre el yacimiento, la afección es grave y pone en riesgo su conservación	<b>4</b>
<b>Vulnerabilidad ante el expolio</b>	<b>Puntos</b>
Yacimiento protegido o no accesible	<b>0</b>
Yacimiento de escaso o moderado valor y fácil expolio	<b>1</b>
Yacimiento de gran valor y fácil expolio	<b>2</b>
Yacimiento de gran valor, ya expoliado	<b>4</b>



<b>Riesgo de erosión</b>	<b>Puntos</b>
Yacimiento protegido o sin riesgo	<b>0</b>
Deterioro que afecta a los accesos o al lugar donde se ubica el yacimiento, pero no afecta de manera determinante al valor o interés del yacimiento	<b>1</b>
Deterioros superficiales que impiden apreciar algunas características de interés	<b>2</b>
Deterioros importantes que afectan a más del 50% del yacimiento	<b>4</b>
<b>Vulnerabilidad ante el vandalismo (Otros)</b>	<b>Puntos</b>
Yacimiento protegido o no accesible	<b>0</b>
Yacimiento no protegido, poco accesible y camuflado por la vegetación	<b>1</b>
Yacimiento no protegido, fácilmente accesible y visible desde una zona transitada	<b>2</b>
Yacimiento no protegido, ya afectado por vandalismo	<b>4</b>

<b>CARACTERÍSTICAS QUE APORTAN VALOR AL YACIMIENTO</b>	
<b>Situación geográfica</b>	<b>Puntos</b>
Ubicado en zonas despobladas o agrestes, lejos de carreteras, de difícil acceso.	<b>0</b>
En zonas con menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km, cerca de carreteras que permitan un acceso fácil.	<b>1</b>
Más de 200.000 habitantes en un radio de 50 km.	<b>2</b>
Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 30 km.	<b>4</b>
<b>Valor histórico</b>	<b>Puntos</b>
Sin interés histórico.	<b>0</b>
Con valor histórico a nivel de cuenca o regional .	<b>1</b>
Con valor histórico relevante a nivel internacional.	<b>2</b>
Con valor histórico de relevancia excepcional a nivel internacional (lugares estudiados o visitados por naturalistas de gran relevancia histórica y científica).	<b>4</b>
<b>Interés didáctico</b>	<b>Puntos</b>
No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas.	<b>0</b>
Yacimiento accesible, sin restos identificables o mal conservados, pero niveles estratigráficos bien expuestos con interés didáctico.	<b>1</b>
Yacimiento accesible con restos identificables y bien conservados, con interés didáctico general.	<b>2</b>
Yacimiento excepcional didácticamente, bien por observarse restos muy bien conservados o espectaculares, o bien por ser yacimientos útiles para la enseñanza de técnicas paleontológicas.	<b>4</b>
<b>Interés turístico</b>	<b>Puntos</b>
Sin posibilidades turísticas, ni de realizar actividades recreativas.	<b>0</b>
Posibilidades turísticas o bien posibilidad de realizar actividades recreativas, pero no se ha puesto en valor.	<b>1</b>
Se ha puesto en valor, pero el potencial turístico no ha sido desarrollado todavía o es insuficiente, posibilidad de organizar actividades recreativas.	<b>2</b>
Existe una musealización y se organizan actividades.	<b>4</b>

<b>Valor complementario</b>	<b>Puntos</b>
No existen elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km.	<b>0</b>
Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km.	<b>1</b>
Presencia de varios elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km.	<b>2</b>
Se asocia a elementos del patrimonio natural o cultural.	<b>4</b>

## **1. C. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL INTERES PATRIMONIAL CON VALOR SOCIOECONÓMICO.**

<b>Valor urbano (Desarrollo)</b>	<b>Puntos</b>
Lugar situado a más de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.).	<b>0</b>
Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas.	<b>1</b>
Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa.	<b>2</b>
Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa.	<b>4</b>
<b>Desarrollo ligado a la explotación mineral</b>	<b>Puntos</b>
No existe ninguna sustancia de interés.	<b>0</b>
Existe una sustancia de escaso o moderado interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona.	<b>1</b>
Existe una sustancia de gran interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona.	<b>2</b>
Existe una sustancia de gran interés y de la que no hay explotaciones alternativas en la zona.	<b>4</b>
<b>Obras Públicas</b>	<b>Puntos</b>
No hay previsiones, ni el lugar es apropiado para realizar en él, futuras obras públicas.	<b>0</b>
No hay previsiones, pero el lugar por sus características, puede ser susceptible de alojar futuras obras públicas.	<b>1</b>
En lugar existen previsiones de construir obras públicas si se da alguna circunstancia que lo propicie en el futuro.	<b>2</b>
En el lugar existen proyectos inminentes de construcción de obras públicas.	<b>4</b>
<b>Valor económico</b>	<b>Puntos</b>
Comarca con índices de renta per cápita, educación y ocupación superiores a la media regional.	<b>0</b>
Comarca con índices de renta per cápita, educación y ocupación similares a la media regional pero inferiores a la media nacional.	<b>1</b>
Comarca con índices de renta per cápita, educación y ocupación inferiores a la media regional.	<b>2</b>
Lugar situado en comarca con declive socioeconómico.	<b>4</b>

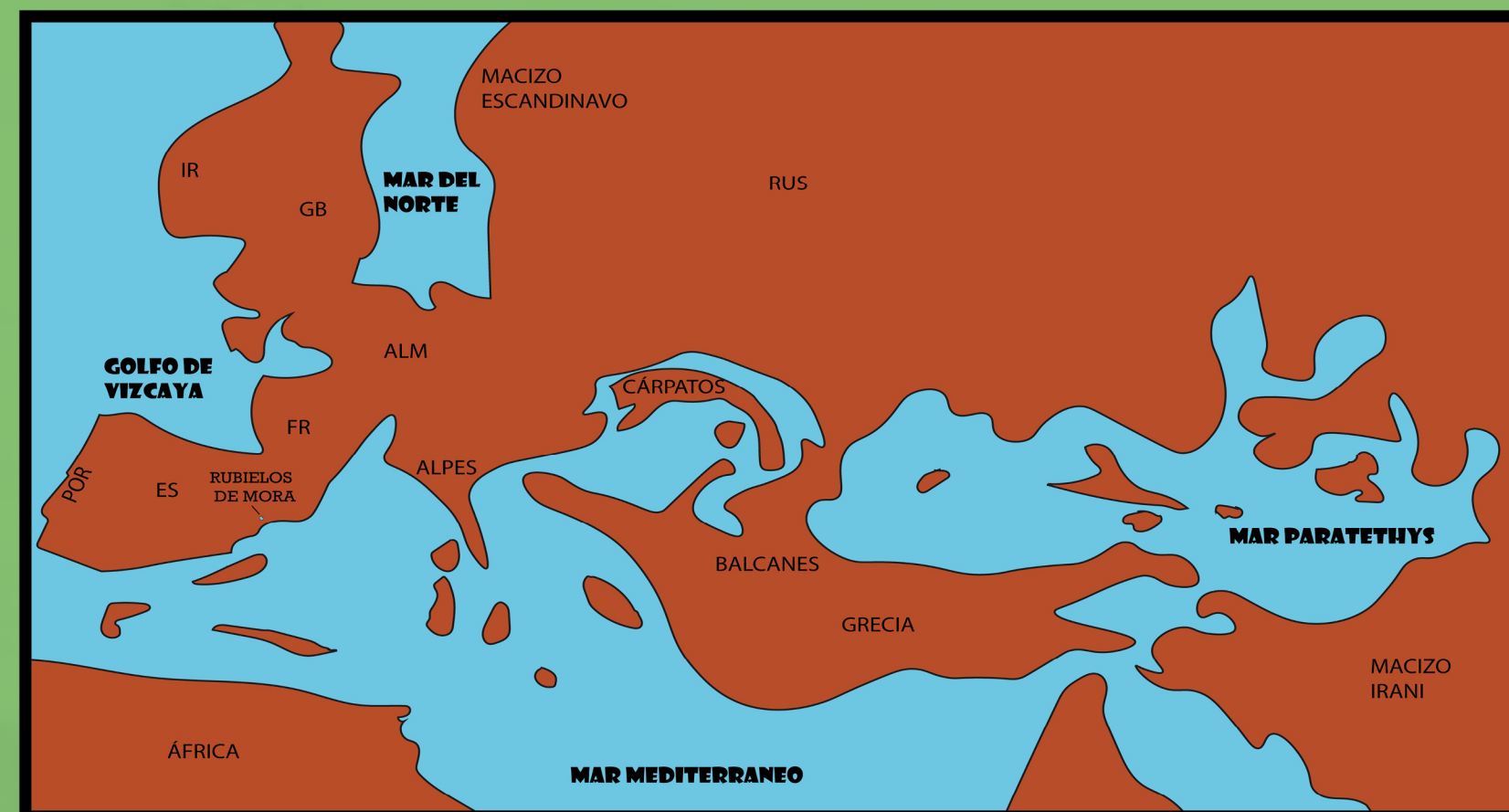
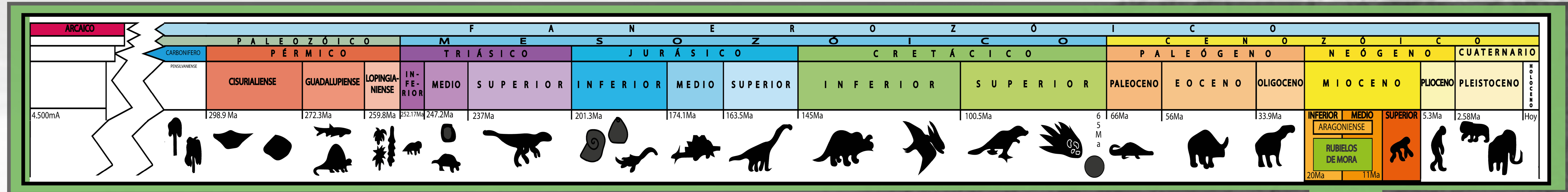
## **2. PANELES DIVULGATIVOS (INFORMATIVOS, EXPLICATIVOS)**

### **2.1. Panel informativo del yacimiento de Río Rubielos.**

### **2.2. Panel informativo de las rutas turísticas en BTT o a pie.**

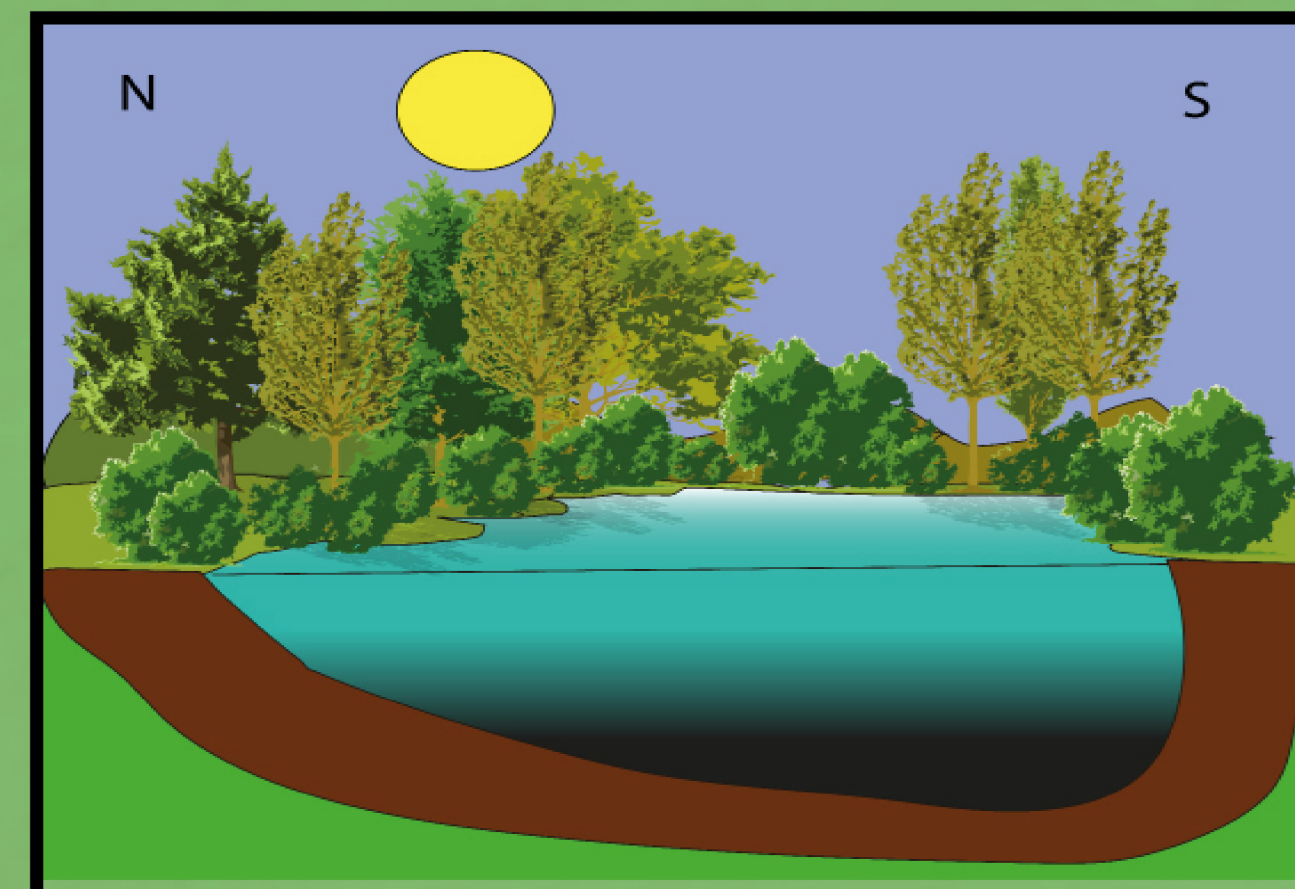


# RUBIELOS DE MORA: RÍO RUBIELOS Y LA CONSERVACIÓN EXCEPCIONAL



Durante el Mioceno, se produjeron grandes transformaciones. La configuración de los países europeos era muy distinta a la que conocemos hoy en día, ya que muchas de las cordilleras alpinas estaban en formación y aún no se habían elevado. El clima de esta época se encontraba en un periodo de tránsito con una fuerte estacionalidad. Se estaba produciendo el paso de un clima subtropical a otro más frío, seco y estacional, parecido al clima mediterráneo que conocemos hoy. En las Ritmitas de Río Rubielos a vista de afloramiento, se pueden ver las alternancias de láminas claras y oscuras debidas a cambios climáticos estacionales.

Los cambios climáticos sucedidos durante este periodo determinaron las transformaciones que experimentaron las comunidades vegetales y las comunidades de animales del interior de la Península Ibérica.



Hace 19 millones de años Rubielos de Mora era un lago, pero no un lago cualquiera, sino uno, en el que las aguas permanecían estratificadas, y el fondo carecía de Oxígeno (fondo anóxico), en definitiva, un lago **MEROMÍCTICO**.

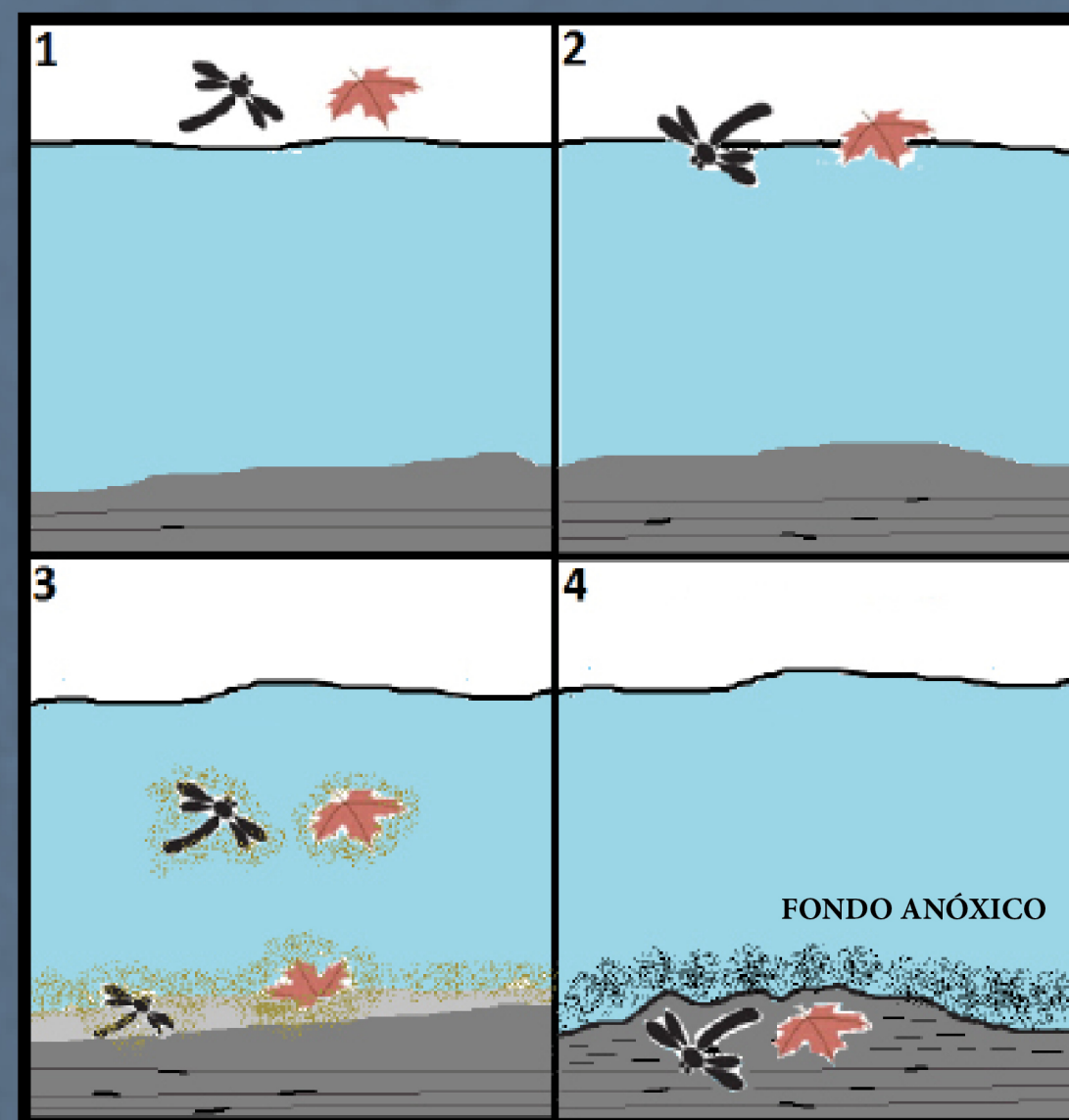
La ausencia de este elemento oxidante dio pie a que no se desarrollasen organismos bioturbadores del sedimento y que crecieran velos microbianos que protegían a los cadáveres, haciendo posible que hoy podamos encontrar fósiles de organismos que conservan sus partes blandas, hecho crucial para que los paleontólogos puedan reconstruir la vida del pasado con la mayor exactitud posible y esto, solo es posible a través de este proceso de: **CONSERVACIÓN EXCEPCIONAL**

## ¿CÓMO SE PRODUJO LA CONSERVACIÓN EXCEPCIONAL EN RUBIELOS DE MORA?

PRIMERO: LA MATERIA ORGÁNICA CAE AL LAGO, BIEN PORQUE SON LOS RESTOS DE UN ANIMAL MUERTO (INSECTOS, ANFIBIOS...) O PORQUE SE DESPRENDE DE UN ORGANISMO (HOJAS, POLEN...).

TERCERO: LA MATERIA ORGÁNICA ES RECUBIERTA POR UN TAPIZ MICROBIANO, (ESTE TAPÍZ PUEDE HABERSE FORMADO EN SUPERFICIE, DURANTE EL HUNDIMIENTO O YA EN EL FONDO) LA INMOVILIZA Y LA FIJA EN LA MISMA POSICIÓN EN LA QUE SE HUNDIÓ.

Estas son las ritmitas de Río Rubielos a vista de afloramiento, en ellas se pueden ver las alternancias de láminas claras y oscuras debidas a cambios climáticos estacionales.



SEGUNDO: LA MATERIA ORGÁNICA CAIDA EN EL LAGO QUEDA FLOTANDO EN LAS AGUAS SUPERFICIALES, MAS ADELANTE SE HUNDE HASTA QUEDAR DEPOSITADA EN EL FONDO, ESTE PROCESO ES MUY RÁPIDO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA FOSILIZACIÓN.

CUARTO: UNA SEDIMENTACIÓN CONSTANTE DE LIMOS Y ARCILLAS (SEDIMENTO DE GRANO MUY FINO), LA ACTUACIÓN ACCIÓN DE LOS ORGANISMOS MICROSCÓPICOS QUE GENERAN LOS TAPICES PROTECTORES DURANTE LA FOSILIZACIÓN, Y LAS CONDICIONES ANÓXICAS DEL FONDO QUE EVITAN LA APARICIÓN EXISTENCIA DE ORGANISMOS BIOTURBADORES DEL SEDIMENTO, HACEN QUE TENAMOS ESTA CONSERVACIÓN EXCEPCIONAL.

En el afloramiento de Río Rubielos, se han descubierto nuevas especies de insectos, algunas únicas en el mundo. Este emplazamiento está considerado por ello como Localidad Tipo. Entre las especies descritas aquí, se encuentra la polilla: *Zygaena turolensis*, mascota de la Región Ambarina de Dinópolis.

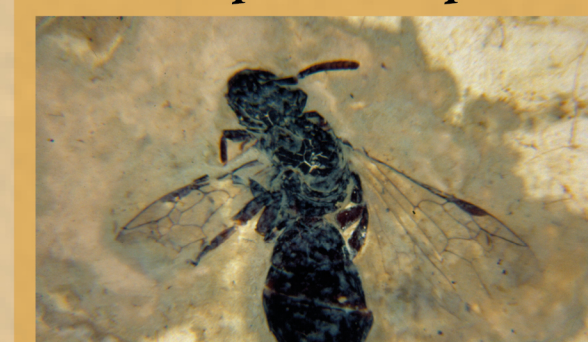
## INSECTOS



*Conostigmus lazarus*



*Eutrichosiphum europaeum*



*Halictus petrefactus*



*Zygaena turolensis*

LOS CUATRO INSECTOS DE LAS FOTOGRAFÍAS PERTENECEN A EJEMPLARES DENOMINADOS: HOLOTIPOS (FÓSILES QUE HAN SERVIDO PARA DEFINIR UNA ESPECIE NUEVA). HAN SIDO ENCONTRADOS EN EL YACIMIENTO DE RÍO RUBIELOS.

- Conostigmus lazarus*: ES UN HIMENÓPTERO DE LA FAMILIA DE LAS AVISPAS MEGASPÍLIDAS.
- Eutrichosiphum europaeum*: HIMENÓPTERO DE LA FAMILIA DE LOS PULGONES GEÉNIDOS.
- Halictus petrefactus*: HYMENÓPTERO DE LA FAMILIA DE LAS AVISPAS HALÍCTIDAS.
- Zygaena Turolensis*: ES UN LEPIDÓPTERO (UNA POLILLA), ÚNICA EN EL MUNDO, LAS POLILLAS SON MUY RARAS EN EL REGISTRO FÓSIL.

LOS RESTOS VEGETALES QUE APARECEN SON DE CONSERVACIÓN EXCEPCIONAL:

- HOJAS DE ACER (ARCE), ESTE ÁRBOL DÁ ORIGEN A LA BANDERA DE CANADÁ, ES DE CLIMA TEMPLADO Y PUEDE SOPORTAR CLIMAS FRÍOS.
- HOJAS DE PÓPULUS (CHOP), ES UN ÁRBOL DE RIBERA, CRECE EN LOS MARGENES DE LOS LAGOS Y RÍOS.
- HOJAS DE LAURUS (LAUREL), MUY BIEN CONSERVADAS.

SORPRENDE LA APARICIÓN DE EJEMPLARES DE ANFIBIOS COMO ES EL CASO DE ESTAS SALAMANDRAS DE CONSERVACIÓN EXCEPCIONAL. ES MUY RARO QUE EN EL REGISTRO ESTRATIGRÁFICO FÓSIL QUEDEN PRESERVADAS DE LA MANERA QUE LO HACEN EN EL YACIMIENTO DE RÍO RUBIELOS. HAN RESULTADO SER MUY IMPORTANTES PARA AVERIGUAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO DEL PASADO.

## ANFIBIOS



*Chelotriton Paradoxus* (Salamandra)



## RESTOS VEGETALES



*Hoja de Acer*



*Hoja de Populus*



*Hoja de Laurus (Laurel)*

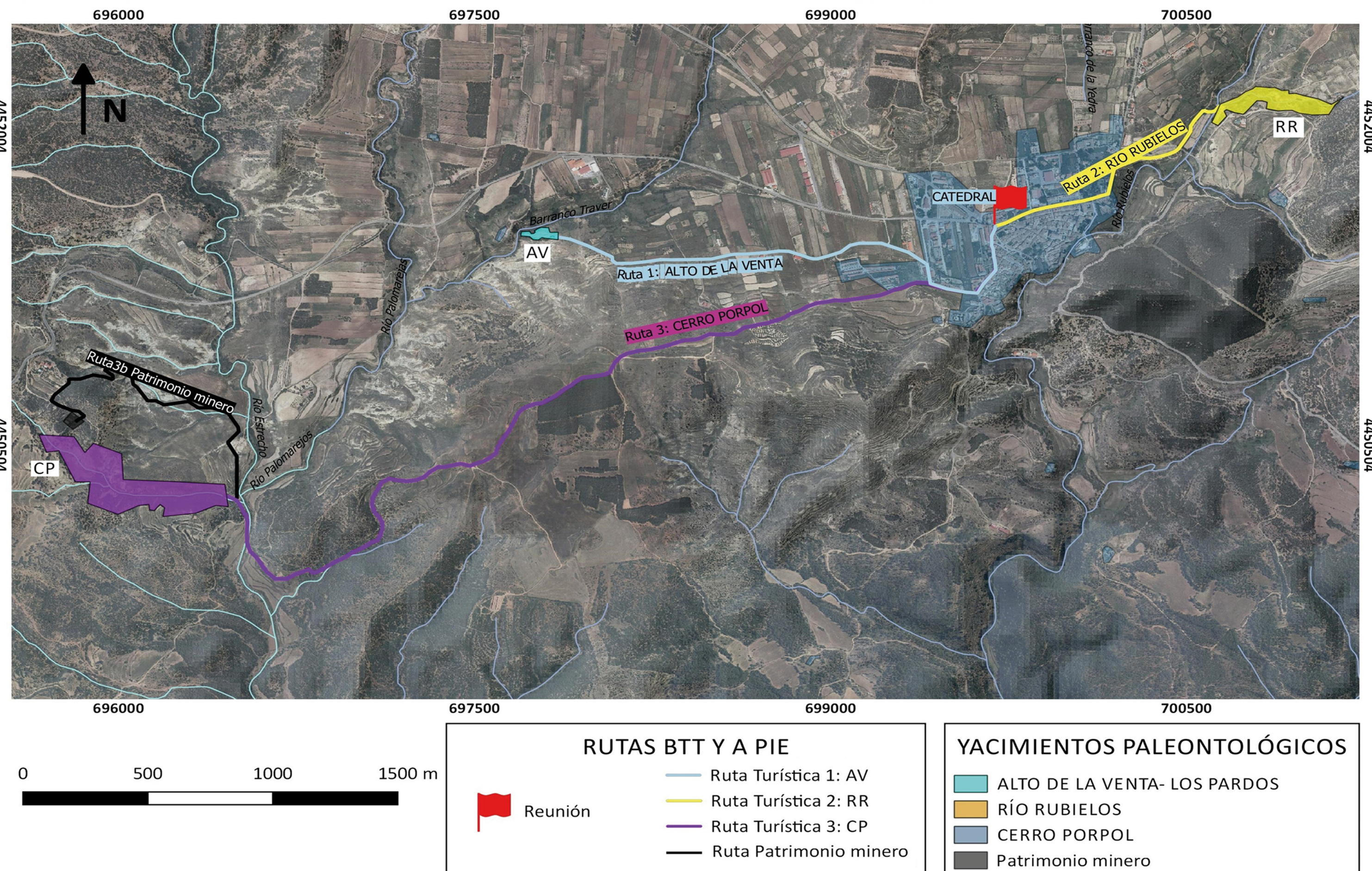
Las fotografías de los insectos han sido cedidas por el Dr. Enrique Peñalver.

Las fotografías de los anfibios y de los restos vegetales han sido cedidas por el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza.





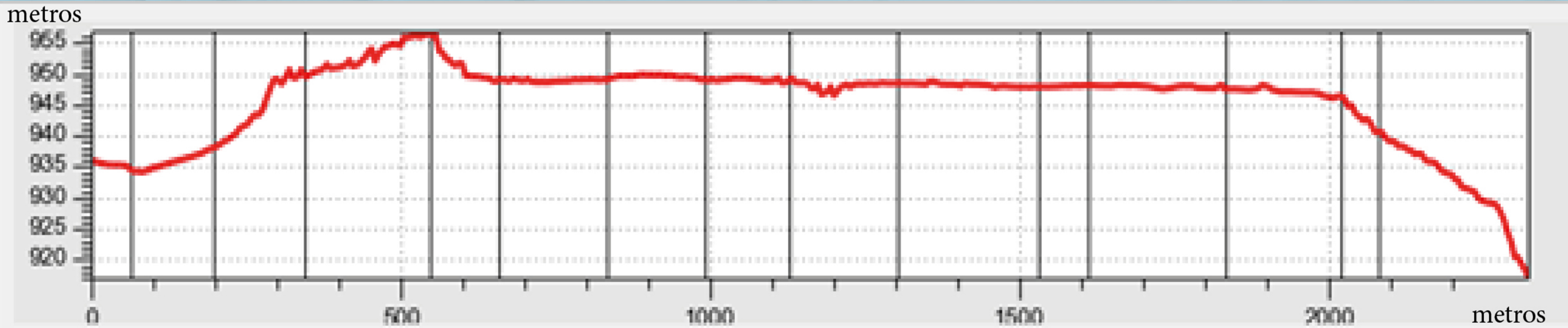
# RUTAS BTT Y A PIE PARA RECORRER EL LAGO FOSILIZADO DE RUBIELOS DE MORA



**RUTA 1: YACIMIENTO DE ALTO DE LA VENTA (45min.).** Este yacimiento se encuentra entre unas formaciones acarcavadas (*badlands*, coloridas), los fósiles que aparecen son de conservación excepcional destacando los fósiles de plantas. Aquí se encontró el único ejemplar de hoja roida de la cuenca. Se trata de una ruta sencilla apta para todo el mundo con una leve subida al principio y después discurre por caminos de tierra con un desnivel muy bajo, esta ruta es muy apta para disfrutarla en BTT y senderismo.



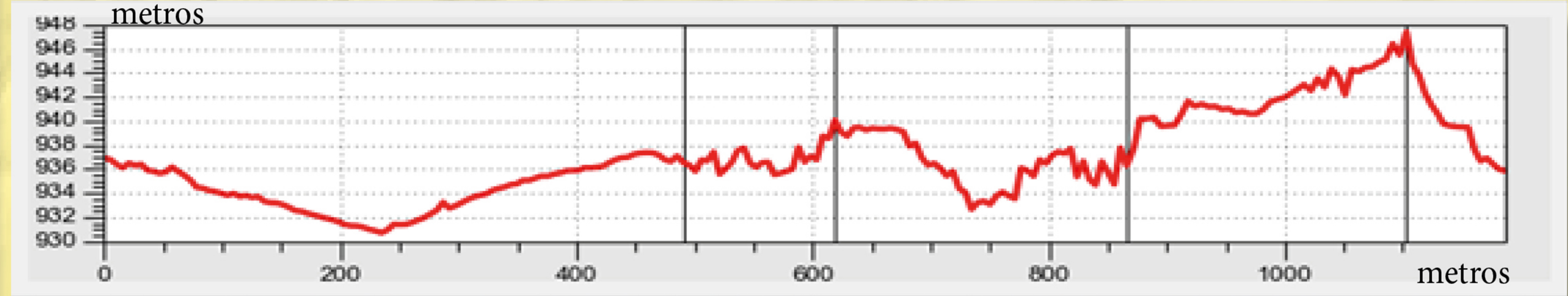
YACIMIENTO ALTO DE LA VENTA



**RUTA 2: YACIMIENTO DE RÍO RUBIELOS (20min.).** El yacimiento por excelencia de la cuenca de Rubielos de Mora, un afloramiento de Ritmitas bituminosas donde se han descrito nuevas especies de insectos, entre sus fósiles podemos encontrar restos de plantas, anfibios y muchos más. Todos los fósiles que aparecen en este yacimiento son de **ESPECIAL CONSERVACIÓN**. El yacimiento se encuentra a 500 m del núcleo urbano de Rubielos de Mora, la ruta es sencilla y discurre sobre asfalto excepto los últimos 20m que discurren sobre pista de tierra. Ruta fácil apta para todo el mundo.



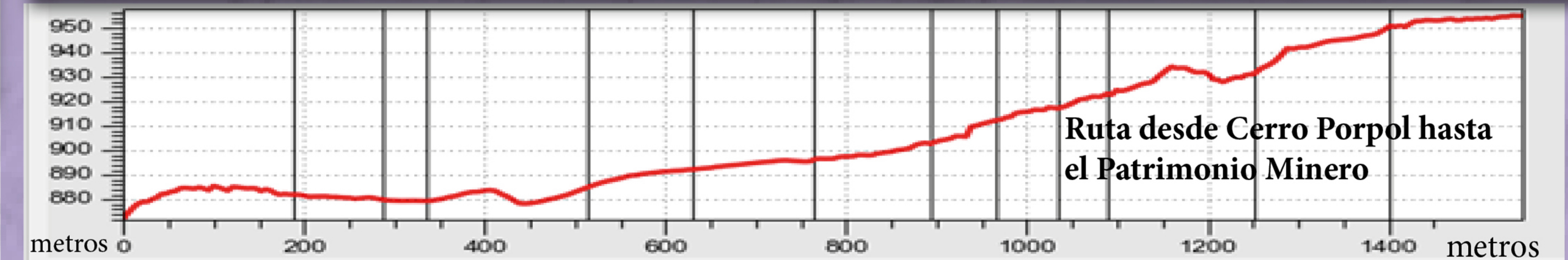
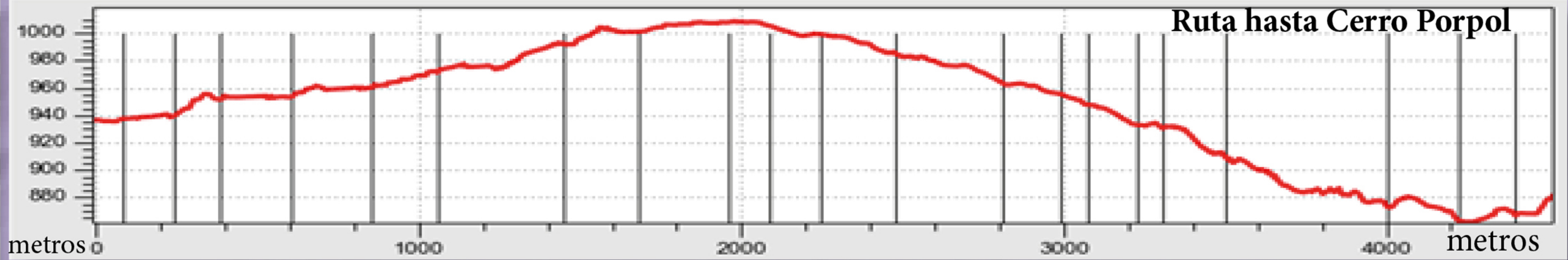
YACIMIENTO RÍO RUBIELOS



**RUTA 3: YACIMIENTO DE CERRO PORPOL (1h 30min.) Y ANTIGUAS INSTALACIONES MINERAS (2h).** Esta ruta nos llevará a visitar las cárcavas y los barrancos empinados del yacimiento de especial conservación de Cerro Porpol, el paisaje de badlands os hará disfrutar de unas muy buenas vistas, además, hacia el final de la ruta podéis tomar un desvío que os llevará a las ruinas de los antiguos edificios de la industria minera de principios del siglo XX. Esta ruta es la más larga, cuenta con una leve subida al inicio y después recorrerá una planicie extensa, si optáis por seguir hasta los restos mineros os encontrareis con una última subida final que os hará sudar durante unos metros. Se recomienda llevar bebida y comida.



PATRIMONIO DE CERRO PORPOL



Universidad de Zaragoza

