

---

# PUBLICADIA

---

Una revista pública, editada en Logroño (La Rioja)  
por Fundación Beronia



FUNDACIÓN BERONIA

## ***RUTA MINERA:***

### ***“De valle de Tetis, a cuenca minera”***

AUTORA: CONCEPCIÓN VILLAR MOURE

CENTRO DE TRABAJO: IES PRÁXEDES MATEO SAGASTA

#### **INTRODUCCIÓN**

En la presente publicación pretendemos marcar un itinerario que nos permita mostrar puntos de interés geológico de la Rioja Baja; y reconstruir, a partir de las observaciones realizadas en ellos, la historia geológica y minera de la zona.

Queremos hablar del origen de parte de nuestra Comunidad Autónoma, la Rioja Baja, antiguamente un gigantesco delta de un río, por lo que el agua era abundante y los pastos ricos. Cerca estaba el mar de Tetis con lo que el clima era bastante bueno, y fue poblado por diferentes tipos de dinosaurios. Las condiciones climatológicas de esta área junto con los materiales que se fueron sedimentando en el delta permitieron no sólo la conservación de numerosas huellas de dinosaurios o icnitas, sino también la formación a lo largo de millones de años de rocas y minerales, que serían descubiertos muchos siglos después, y constituirían una fuente de riqueza económica vital para la región.

La ruta se centrará en el estudio del carbón y la pirita, de los cuales se estudiará el proceso geológico de formación, sus propiedades, sus usos y la historia humana y económica asociada. Además, y también en relación con este proceso geológico, surgen en algunos pueblos de esta zona aguas termales, que también merecen ser visitadas y comentadas.

En esta pequeña guía se incluye la propuesta de localidades en las que hacer una parada y la descripción de estructuras geológicas destacables. En cada estación se procederá a la observación de aspectos mineros y geológicos planteando una serie de actividades dirigidas al alumnado de bachillerato. Estas les permitirán completar el trabajo de campo con trabajo de laboratorio y búsqueda información.

De este modo, llegaremos a conocer un poco más la geología de nuestra región dando explicación a fenómenos geológicos relevantes.

## CONTENIDO

1. Encuadre geológico.
2. Mapa del itinerario.
3. Estaciones, observaciones geológicas y propuesta de actividades.
  - 3.1. Pozas de Arnedillo
  - 3.2. Préjano
  - 3.3. Turruncún- Villarroya
  - 3.4. Icnitas de Valdeté
  - 3.5. Ambasaguas
4. Aplicación didáctica.

## 1. ENCUADRE GEOLÓGICO

Nuestra ruta incluye localidades situadas en el valle de Cidacos y del Alhama y Linares. Es por ello, por lo que, antes de visitar puntos concretos de estas zonas, es interesante conocer a grandes rasgos algunos de los aspectos geológicos de estos valles para comprender mejor los sucesos que en ellos tuvieron lugar.

El **valle de Cidacos** puede dividirse en dos grandes unidades geológicas: el conjunto de sierras, que forman la parte de la unidad de Cameros y el sector occidental de la Cuenca del Ebro. Las sierras están formadas por materiales de edad mesozoica, mientras que en la cuenca del Ebro afloran únicamente rocas de los periodos terciario y cuaternario.

Las rocas más antiguas del valle del Cidacos están en Arnedillo. Son las arcillas y yesos triásicos. El yeso indica clima árido durante la sedimentación. Además de yeso hay otras sales solubles, que son las responsables de las propiedades medicinales del agua termal de Arnedillo.

El Jurásico marino está representado por una sucesión de estratos de roca caliza de color gris claro de 500 metros de espesor. Contiene bivalvos, cefalópodos, braquiópodos, etc.

Hacia la parte alta de la serie las calizas oolíticas, forman los resaltes rocosos de Arnedillo, Peñalmonte y Peña-Isasa.

En el Jurásico superior hubo un cambio brusco en las condiciones de sedimentación y se depositaron sedimentos continentales fluviales y lacustres que dieron lugar a la mayor parte de las rocas que constituyen la Sierra de Cameros. Estos depósitos se dividen en cinco unidades litoestratigráficas:

- El Grupo Tera, que aflora en la parte más alta del puerto de Oncala, está constituido por conglomerados y areniscas con granos rodados de cuarzo, procedentes del desmantelamiento de los granitos del interior de la Península Ibérica.

- El Grupo de Oncala aflora desde el puerto de Oncala hasta Yanguas; son calizas de origen lacustre en lajas muy finas.

- El Grupo de Urbión aflora en el desfiladero que existe entre Yanguas y Enciso. Estas rocas están constituidas por granos de cuarzo; son más resistentes que las calizas y destacan en los resaltes topográficos al norte del pueblo. En estas areniscas se encuentran estructuras de corriente, ripples, estratificación cruzada y canales, que indican régimen fluvial; los depósitos más finos corresponden a llanuras de inundación, por las que discurrían ríos. La sedimentación se produjo en ambiente saturado de agua, es decir, por debajo del nivel freático (colores azulados) o seco (colores rojos). En algunos casos se encuentran, en la parte superior de los estratos, niveles rojizos con huellas de raíces, que indican que allí se desarrolló un suelo vegetal.

- El Grupo de Enciso está compuesto por margas y calizas de color gris oscuro, sedimentadas en ambiente lacustre. En estas rocas se encuentran muchos Ostrácodos (crustáceos bivalvos); hay también otras estructuras sedimentarias como huellas de ondulaciones de corriente, grietas de desecación e icnitas de dinosaurios.

- El Grupo de Oliván está formado por areniscas y arcillas rojas y verdes, que aparecen entre Arnedillo y Antoñanzas.

Los materiales que le siguen en el tiempo son también del Cretácico, y marcan una etapa en la que en gran parte de la Península Ibérica existía el mismo ambiente sedimentario, de lagos y ríos. Tienen la particularidad de que en esta época se acumularon restos de vegetales, que, con el tiempo se transformaron en carbón. Este carbón ha dado lugar a las explotaciones de las minas de Peñalmonte, de Préjano y de Villarroya.

Los depósitos de edad terciaria llenan la Depresión del Ebro. Estos materiales tienen el característico color rojizo, que se observa por la carretera desde Arnedillo hasta Calahorra.

Son conglomerados, que a veces se disponen en forma de canales, areniscas, limos y arcillas, casi siempre de color rojo. Todos ellos sedimentaron en ambiente fluvial y de abanicos aluviales. Estos conglomerados forman toda la pared rocosa que hay entre Arnedo y Autol. En Quel puede verse que por encima (en la serie estratigráfica) de los conglomerados sobre los que se asienta el castillo aparecen calizas, margas y yesos. Por encima de los yesos, y formando la mayor parte de la Depresión del Ebro en la Rioja Baja, afloran arcillas con pequeños estratos intercalados de arenisca, que indican una sedimentación en ambiente fluvial.

El cuaternario es una etapa de erosión, hay muy pocos depósitos que lo representen. En el curso alto, el Cidacos erosionó las rocas mesozoicas, dando lugar a un valle estrecho y encajado. En la Depresión del Ebro la erosión dio como resultado la formación de un valle amplio, y el depósito, acumulaciones de graves (con cantos calcáreos y silíceos) en terrazas naturales a ambos lados del cauce del río. Estos sedimentos más modernos, que se reconocen porque no están cementados, se explotan en Calahorra para extraer grava.

La estructura del valle del Cidacos está determinada por el cabalgamiento de Cameros que responde a un acortamiento que tuvo lugar como consecuencia del acercamiento de las placas Ibérica, Europea y Africana, y es singenético con el levantamiento de las principales cadenas alpinas de la Península Ibérica.

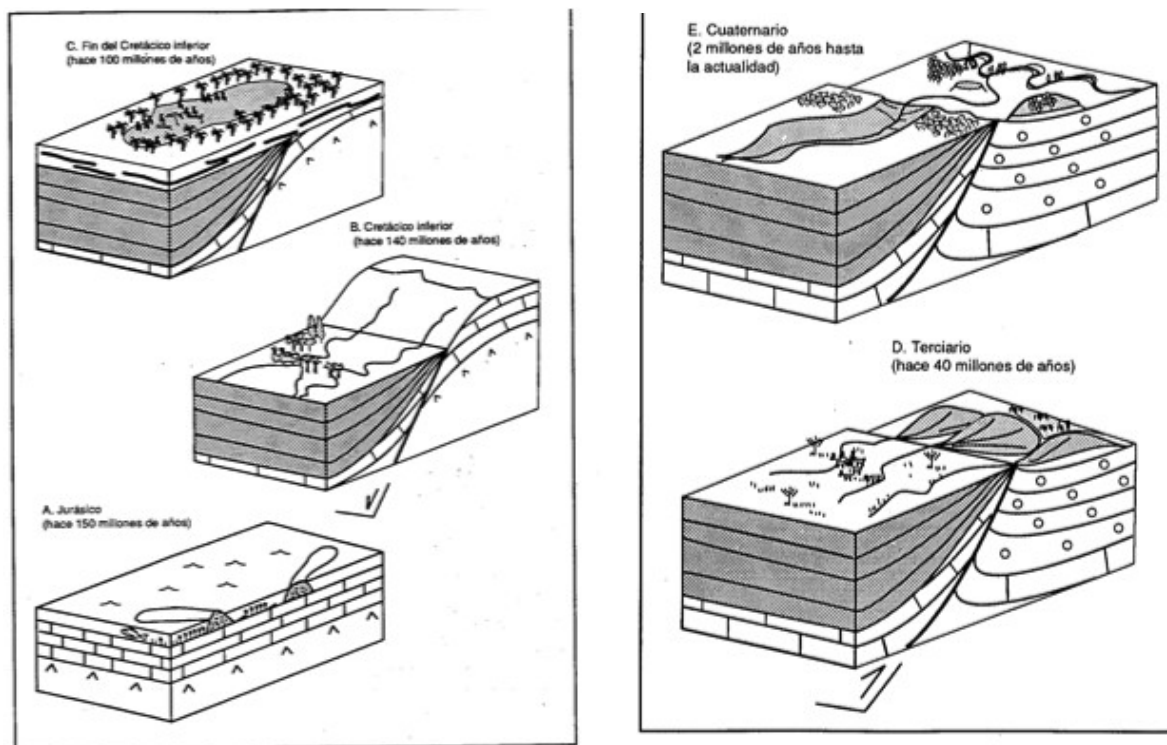
El cabalgamiento de Cameros tiene aquí dos superficies: una constituye el límite actual entre la Sierra de Cameros y la cuenca del Ebro; y la otra se prolonga por debajo del anticlinal de Arnedo y no aflora.

El anticlinal de Arnedo, de unos 12 kilómetros de longitud, se extiende desde Turruncún hasta Arnedo-Quel-Autol; ha sido después dismantelado por la erosión, de modo que no podemos verlo de forma completa, pero se deduce de la inclinación de las capas en sus dos flancos. Esta inclinación se advierte a lo largo de toda la carretera entre Arnedillo y Autol, sobre todo en Herce y Santa Eulalia.

En el flanco sur de la estructura anterior, alrededores de Préjano y Turruncún, hay un sinclinal. También sobre los estratos de conglomerados y arenisca del Terciario. En el flanco norte del anticlinal se pueden observar otras estructuras de acortamiento, como la falla direccional diestra de Quel, situada en las bodegas del pueblo, que pone en contacto materiales terciarios de distinto color.



**Figura 11.** Esquemas que resumen la evolución geológica en la zona del Cidacos. *A. Jurásico:* mar somero con arrecifes de coral y sedimentación en un ambiente de tranquilidad tectónica (sin movimientos). *B. Cretácico inferior:* levantamiento del bloque del Ebro y hundimiento del bloque de Cameros, con sedimentación en este último, producida por ríos, lagos, etc. Observar que el tipo de falla que separa los dos bloques es una falla normal. *C. Al final del Cretácico inferior* toda la cuenca sedimentaria de Cameros está rellena por sedimentos, y tiene lugar una etapa de tranquilidad tectónica con acumulación de grandes cantidades de restos vegetales que después darán lugar al carbón de Préjano. *D. Durante el Terciario* se levanta el bloque de Cameros en relación al bloque del Ebro mediante una falla inversa (compresión o acortamiento en la horizontal), con sedimentación de conglomerados y areniscas sobre el bloque del Ebro. *E. Durante el Cuaternario* se forma el río Cidacos, que se encaja poco a poco en las rocas sedimentarias permitiendo que aparezcan hoy en día; en este período se originan prácticamente todas las formas del relieve actual.



Las cuencas del Alhama y del Linares se encuentran en la parte NO de la Sierra de Cameros. Esta está formada por rocas mesozoicas y limita con los materiales terciarios de la Depresión del Ebro al Norte, y al Sur con los de la Depresión de Almazán.

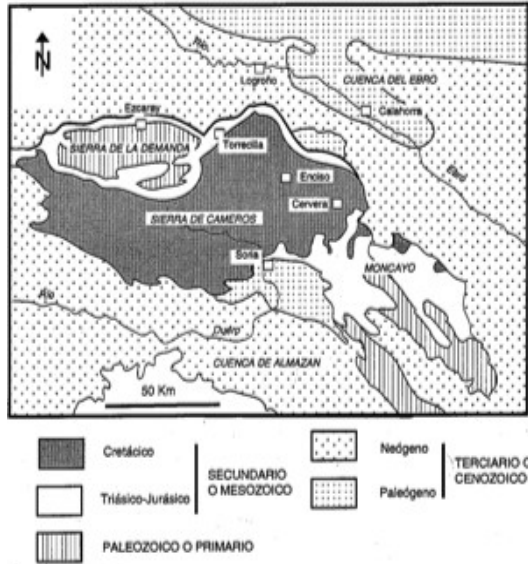


Figura 3.- Mapa geológico general de la Sierra de Cameros, de los macizos que la limitan (Demanda al Oeste, y Moncayo al Este), y de las Depresiones situadas al Norte (Ebro) y al Sur (Duero). Como puede verse, la mayor parte de la Sierra de Cameros está formada por materiales depositados durante el Cretácico.

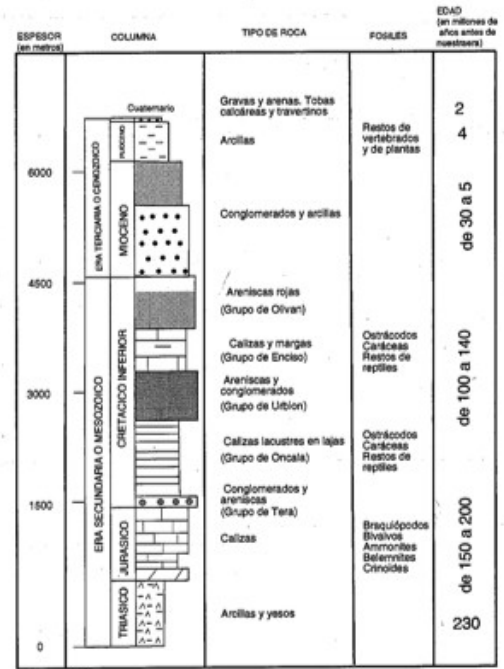


Figura 4.- Columna estratigráfica general donde aparece la secuencia de rocas sedimentarias que aflora hoy día en los valles del Alhama y Linares, con los fósiles que se encuentran dentro de ellas y la edad en que fueron depositadas. Obsérvese que en cada época de la historia geológica se depositaron distintos tipos de roca, según los ambientes sedimentarios, climas, etc.

ERA	PERIODO	ACONTECIMIENTOS BIOLÓGICOS	TIEMPO	
			considerando 1 año toda la historia de la tierra	tiempo real (en millones de años antes de nuestra era)
CUATERNARIO		Aparición del hombre	Noche del 31 de Diciembre	2
ERA TERCIARIA O CENOZOICO	Neógeno	Abundancia de los mamíferos	27 Diciembre	25
	Paleógeno			60
ERA SECUNDARIA O MESOZOICO	Cretácico	Predominio de los reptiles	18 Diciembre	140
	Jurásico			200
	Triásico			230
ERA PRIMARIA O PALEOZOICO	Pérmico	Anfibios Primeras plantas terrestres Peces	29 Noviembre	600
	Carbonífero			
	Devónico			
	Silúrico			
	Ordovícico			
ERA ARCAICA O PRECAMBRICO	Cámbrico	Animales invertebrados	Primeros de Abril	4000
		Comienzo de la vida		
		Formación de la Tierra	1 de Enero	

Figura 2. Eras y períodos en los que se divide la historia geológica de la tierra, con los acontecimientos biológicos más importantes que sucedieron en cada una de las etapas. En las columnas de la derecha aparece el tiempo real en millones de años transcurrido desde cada período y el día del año con el que coincidiría aproximadamente si hacemos equivaler toda la historia de la tierra a un año de duración.

## 2. MAPA DEL ITINERARIO



### 3. ESTACIONES, OBSERVACIONES Y ACTIVIDADES

#### 3.1. POZAS DE ARNEDILLO

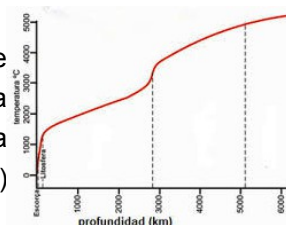


**DESCRIPCIÓN:** En Arnedillo, junto al río Cidacos, hay unos interesantes alumbramientos de agua termal. Estas aguas de composición clorurada sódica y bicarbonatada cálcica, surgen a una temperatura cercana a los 40°C.

Aunque la imaginación tremendista tiende a asociar la existencia de estas aguas termales con fenómenos volcánicos, incluso se ha hablado de cráteres en Peñalmonte, nada más alejado de la realidad. Para entender por qué sale agua caliente en Arnedillo hay que tener en cuenta dos factores: el gradiente geotérmico y la presencia de una falla importante; factores sobre los que debemos de indagar.

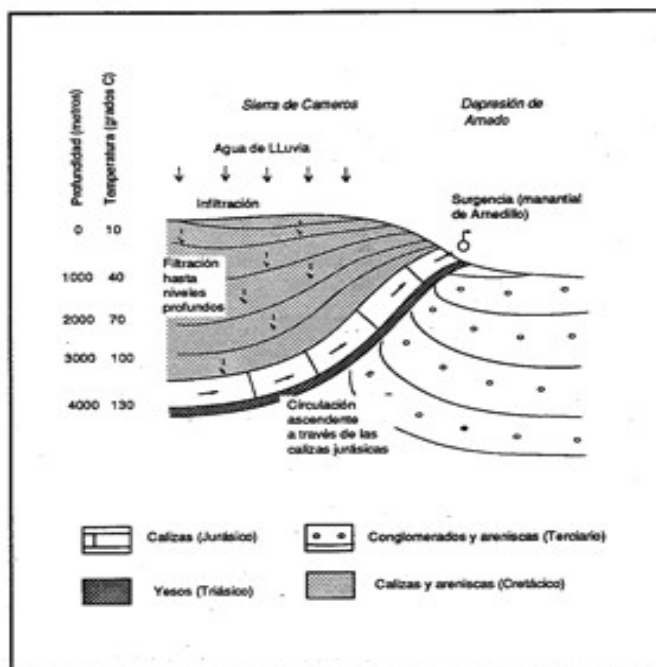
**OBSERVACIONES:** Para deducir la estructura del lugar y el origen de las aguas termales en Arnedillo debemos de tener en consideración dos factores:

a) El gradiente geotérmico. Que es el aumento de temperatura que se produce al ir descendiendo de la superficie hacia el interior de la tierra. Este gradiente, en condiciones normales, es de 3,3° cada 100m, de modo que a 3000m de profundidad el agua (y la roca) estarán a unos 100°C.



b) Una falla importante (llega hasta los dos o tres km de profundidad) que hace descender las calizas del Jurásico hasta esa profundidad. Estas calizas, con numerosas fracturas, acumulan agua. Debido a esta falla, el agua sube por el plano de discontinuidad con relativa rapidez a la superficie desde una profundidad de 2000 o 3000m (donde se encuentra casi a 100°C), de forma que no se enfría del todo y en el manantial surge agua caliente.

El origen de las aguas es meteórico, es decir agua de lluvia que se infiltra en las zonas altas de la Sierra de Cameros y desciende lentamente hasta alcanzar el nivel de las calizas fracturadas del Jurásico, en donde se mueve hacia arriba hasta alcanzar la superficie. El alto contenido en sales de estas aguas termales se debe a que pasa por las arcillas y yesos triásicos, que son un nivel impermeable de alto contenido salino.



**Figura 31.** Explicación para las aguas termales de Arnedillo. El agua de lluvia que se infiltra en la sierra llega hasta la capa de calizas jurásicas situada en profundidad y asciende por ella (según el principio de los vasos comunicantes) hasta llegar a superficie. Como la temperatura en profundidad es mucho mayor (ver escala a la izquierda) no llega a enfriarse por el camino y aparece caliente en la surgencia.

### PROPUESTA DE ACTIVIDADES

1. Explica la existencia de aguas termales en la zona.
2. ¿Por qué crees que estas aguas tienen propiedades medicinales? Investiga sobre dichas propiedades.
3. Toma una muestra de agua en un frasco de 250 cc para medir con el termómetro la temperatura.
4. Realiza fotografías de la zona.
5. Toma notas de interés que te ayudarán a realizar la memoria final.

### 3.2. PRÉJANO



**DESCRIPCIÓN:** Por el camino que sigue el arroyo de Préjano hacia la sierra se encuentran excavaciones e instalaciones de minas ya inactivas, que explotaban el carbón que aparece dentro de los estratos de arena.

A 1.5 km de esta localidad, se reconoce, dentro de los materiales terciarios que rellenan la Depresión de Arnedo, una discordancia contemporánea con el plegamiento.

#### **OBSERVACIONES:**

**DISCORDANCIA:** Al Este de Préjano observamos una discordancia, en la ladera NO de Peña Isasa, a la que se accede desde un camino que comienza en la carretera Arnedo-Préjano y parte hacia el S.

Para la génesis de este tipo de discordancias es necesario que el borde de la cuenca sea tectónicamente activo y la sedimentación continua, con lo cual las capas que se forman primero se van plegando, al mismo tiempo que sedimentan otras encima. Si la elevación del flanco activo continúa, llegarán a erosionarse los primeros materiales y al cesar la actividad tectónica quedarán cubiertos discordantemente por las capas posteriores.

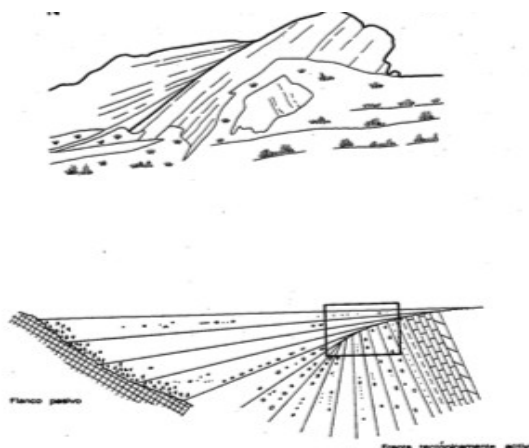


Figura 24. Esquema de la discordancia de Préjano y situación de la misma dentro de un modelo ideal de discordancia progresiva (en la que el movimiento y la sedimentación se producen al mismo tiempo). La figura inferior está tomada de O. Riba (1973). *Acta Geológica Hispánica*, nº 8, pp. 90-99.

**MINAS DE CARBÓN:** La formación de carbón se debe a la acumulación de restos vegetales durante el Cretácico. Con un poco de suerte, se pueden encontrar restos de madera fósil dentro de los estratos de carbón. El tipo de carbón que aparece es lignito. Tiene mediana capacidad calorífica en relación a otros tipos de carbón, debido a que es relativamente moderno (60 millones de años) y alto contenido en azufre, lo que hace que el humo producido en su combustión sea altamente contaminante y de lugar a la tristemente conocida como lluvia ácida.

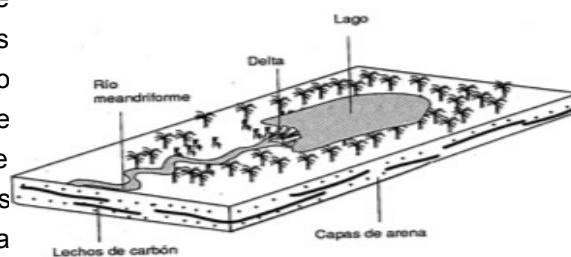


Figura 25. Reconstrucción del ambiente de sedimentación en el que se formaron los carbones de Préjano y Villarroya, durante el Cretácico. Junto a ellos se sedimentaron arenas transportadas por los ríos.

**CABALGAMIENTO:** Si seguimos adelante por el camino del barranco de Préjano encontraremos, en la cascada del barranco, un plano inclinado hacia el sur que separa los estratos de calizas del Jurásico, en la parte de arriba, de los estratos de arena que contiene carbón, en la parte de abajo. Las calizas son más antiguas que las arenas de carbón, pero aparecen por encima debido a que existe una falla inversa o cabalgamiento entre ambas unidades, que se explica por el empuje hacia arriba y hacia el norte del de la Sierra de Cameros. Este cabalgamiento, se manifiesta también en la ladera este de Peña Isasa.

Después de la sedimentación de los conglomerados terciarios de Turruncún, estos se pliegan, y las arenas con carbón del Cretácico cabalgan sobre ellos. Posteriormente se produce el cabalgamiento de las calizas jurásicas sobre los materiales cretácicos y terciarios. Al menos este último cabalgamiento estuvo favorecido por la plasticidad de las margas, arcillas y yesos del Triásico que actuaron como nivel de despegue; si bien no afloran estos materiales en el frente de cabalgamiento, podemos deducir su actuación por la presencia de conglomerados formados a la vez que avanzaba el cabalgamiento constituido por cantos de yesos versicolores.

### PROPUESTA DE ACTIVIDADES

1. Explica las etapas del proceso de formación del carbón y justifica por qué se dio especialmente en esta zona.
2. Recoge un ejemplar pequeño (que quepa en la mano) en una bolsa de plástico para su posterior análisis en el laboratorio.
3. Realiza fotografías de la zona.
4. Toma notas de interés que te ayudarán a realizar una memoria final.

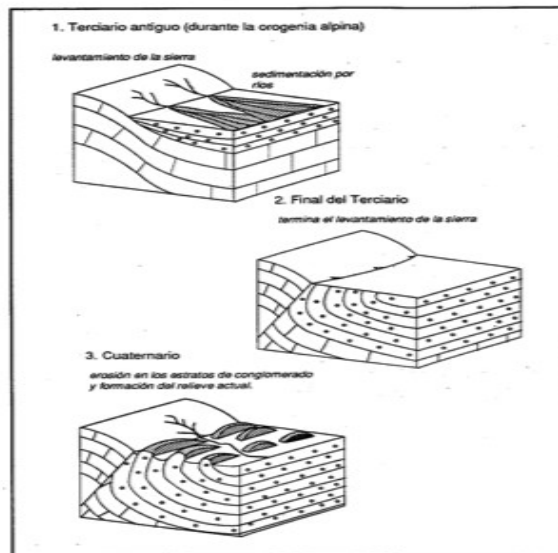
### 3.3. TURRUNCÚN – VILLARROYA



**DESCRIPCIÓN:** El paso por Turruncún y Villarroya es interesante por varios motivos. En Turruncún podemos reconocer las consecuencias devastadoras del fin de la minería y de camino a Ambasaguas la falla, conocida popularmente como “Los Caballos”, nos permite identificar los diferentes estratos geológicos que se observan para ayudar a comprender la formación geológica de estos pueblos mineros.

**OBSERVACIONES:**

**CONGLOMERADOS DE TURRUNCÚN:** Entre Turruncún y el cruce de la carretera que va a Muro de Aguas, aparecen estratos de conglomerado de la era Terciaria, en posición vertical debido a un fuerte plegamiento. Aparecen erosionados dando un aspecto de lomas estrechas y alargadas que los lugareños llaman “moros y cristianos”. Cerca del pueblo de Turruncún, en el valle de las Vírgenes y en las laderas de Peña Isasa, los estratos aparecen perfectamente individualizados, formando parte de la pared de algunos corrales, lo cual es un excelente ejemplo de integración de las actividades humanas y el paisaje geológico.



**Figura 20.** Formación de los “moros” de Turruncún. Durante el Terciario tuvo lugar el plegamiento de las calizas del Jurásico, lo que dio lugar a la sedimentación de conglomerados al pie del relieve. Al final del Terciario se han sedimentado grandes cantidades de estratos de conglomerados que a su vez han sido plegados y verticalizados progresivamente. Durante el Cuaternario tuvo lugar la erosión de estos estratos, y las partes más resistentes han quedado como resaltes.

**CABALGAMIENTO DE PEÑA ISASA.** Desde la pista forestal que sube del cruce de Villarroya hacia los picos de Valdelavia y Gatún se tiene una magnífica vista del valle de Turruncún y de Peña Isasa. En este sector se aprecia la estructura fundamental que caracteriza la Sierra de Cameros: una falla inversa o cabalgamiento. Este coloca las calizas del Jurásico marino ( en la cima de Peña Isasa) sobre el Cretácico con carbón y los conglomerados terciarios que aparecen en posición vertical en las cercanías de Turruncún y el valle de las Vírgenes.

A partir de esta situación, en que las capas del Triásico, Jurásico y Cretácico estaban horizontales, se produjo un pliegue. El relieve formado por este pliegue dio lugar a la sedimentación de conglomerados en la zona deprimida. Al seguir el plegamiento los conglomerados se plegaron también. En la última etapa el pliegue se rompió y se formó un cabalgamiento que colocó las calizas jurásicas sobre Cretácico y sobre los conglomerados terciarios. Obsérvese que la estructura original ha sido erosionada y que el relieve actual solamente nos permite contemplar una pequeña parte de ella.

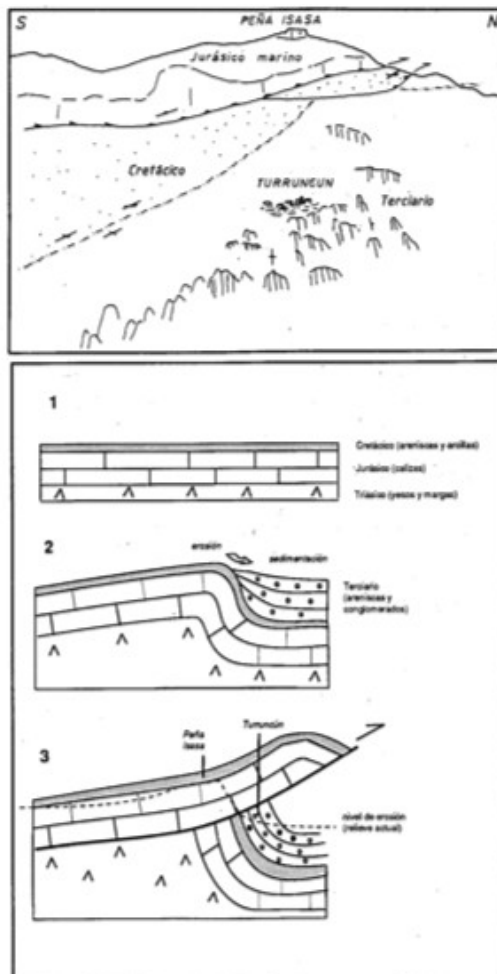
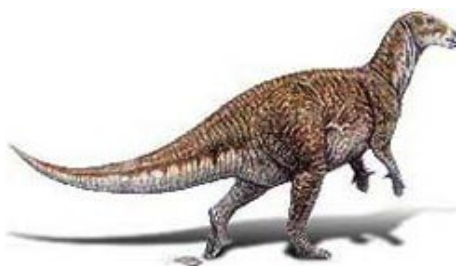


Figura 21. Esquema de campo y evolución del cabalgamiento de Peña Isasa.

#### PROPUESTA DE ACTIVIDADES:

1. Describe las consecuencias que ha tenido la minería en la zona; sus efectos sobre el agua, atmósfera, seres vivos, economía y habitantes de la zona.
2. Observa detenidamente la estratificación en la zona de “Caballos” y busca explicaciones a la misma.
3. Realiza fotografías de la zona.
4. Toma notas de interés que te ayudarán a realizar la memoria final.

### 3.4. ICNITAS DE VALDETÉ



**DESCRIPCIÓN:** En el punto donde nos encontramos podemos observar un rastro de 11 huellas de un dinosaurio bípedo con la particularidad de que los pasos son desiguales, indicando que el dinosaurio cojeaba ligeramente.

**OBSERVACIONES:** Durante el periodo Cretácico inferior, Valdeté formó parte de una llanura encharcada que se desecaba periódicamente, dejando atrás zonas fangosas en las que las huellas de dinosaurio quedaban marcadas a su paso. Con el tiempo éstas se secaban y cubrían con nuevos sedimentos cuyo peso prensaba las capas inferiores, haciéndolas solidificar en rocas con el paso de millones de años. La erosión ha ido desgastando las capas superiores haciendo visibles muchas de estas formaciones rocosas, permitiendo observar las icnitas.

En la zona se encuentra un rastro de 11 huellas de un dinosaurio herbívoro caminando a dos patas. Son grandes, con marcas de tres anchos dedos con terminación redondeada, siendo el central muy grande y el talón sobresale ligeramente. Destaca la diferente longitud de los pasos izquierdo-derecho, más cortos que los contrarios lo que indica una ligera cojera.

#### PROPUESTA DE ACTIVIDADES

1. Interpreta un rastro de huellas de dinosaurio. Para ello:

1.1. Toma fotos de las icnitas con tu móvil o cámara para descargarlas en el ordenador. Coloca un objeto del que conozcas o puedas estimar su longitud junto a la huella. (Esto lo utilizaras como escala, para convertir tus medidas ficticias en la foto, en reales).

1.2. Con la información que tienes a continuación realiza las actividades que se te plantean:

*En 1976, un profesor de Zoología de la Universidad de Leeds, publica en la Revista "Nature" un trabajo titulado: "Estimates of speed in dinosaurs", donde establece que a partir*

de la longitud de la huella de un dinosaurio, puede conocerse la altura de su cadera ( $h$ ), mediante la fórmula:  $h=4L$

Hoy en día sabemos que según el tipo de dinosaurios hay que aplicar pequeñas variaciones, pero aún así esta fórmula sigue siendo buena para hacer cálculos aproximados.

Además, en el mismo artículo su autor establece que de la relación entre  $Lz$  y  $h$  podemos concluir:

- Si  $Lz/h < 2$ : el dinosaurio paseaba
- Si  $2 < Lz/h < 2.9$ : el dinosaurio iba al trote
- Si  $Lz/h > 2.9$ : el dinosaurio iba a la carrera

(Un hundimiento más marcado de las huellas en la parte externa también suele ser indicativo de carrera).

Además el mismo autor estableció una fórmula para calcular la velocidad del dinosaurio, donde:

$$V = 0.25 * g^{0.5} * Z^{1.67} * h^{-1.17}, \text{ donde } g = \text{gravedad.}$$

1.2.1. Toma las medidas que se indican en la imagen:

$d$ : dirección del rastro.

$Lz$ : zancada. Distancia entre dos puntos equivalentes de icnitas del mismo lado.

$Lp1$ : paso derecho

$Lp2$ : paso izquierdo.

$Ap$ : ángulo de paso

$L$ : longitud de la huella

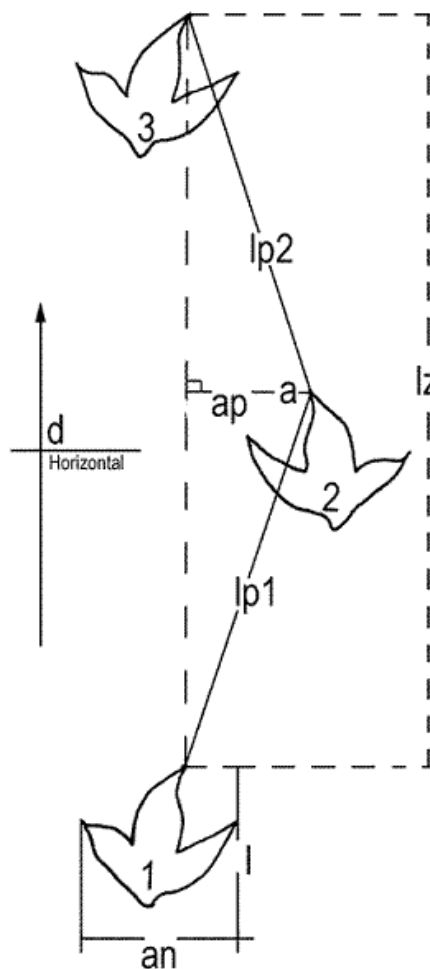
$A$ : anchura

1.2.2. Estima el valor de  $Lz$ ,  $Lp1$ ,  $Lp2$ ,  $L$  y  $A$ .

1.2.3. Calcula el valor de  $h$ .

1.2.4. ¿A qué paso caminaba el dinosaurio?

1.2.5. ¿Encuentras algo extraño entre los valores de  $Lp1$  y  $Lp2$ ? ¿A qué crees que puede ser debido?



2. Realiza fotografías de la zona.

3. Toma notas de interés que te ayudarán a realizar la memoria final.

### 3.5. AMBASAGUAS

**DESCRIPCIÓN:** Nos encontramos ahora en uno de los yacimientos de pirita, junto con el de Navajún, más representativos y espectaculares a nivel mundial. Así, son bien conocidos los piritodros (doce caras pentagonales) de Ambasaguas y los perfectos cubos de Navajún y Valdeperillo.

**OBSERVACIONES:** La pirita o sulfuro de hierro es un mineral que aparece en la práctica totalidad de las rocas de los valles de los ríos Alhama y Linares, presentando las mayores concentraciones en relación a niveles margosos de tonos verdes intercalados en distintos puntos de la serie sedimentaria. Las piritas pueden presentarse de diversas formas, como cubos y piritodros aislados con las caras lisas o estriadas y más frecuentemente macladas.



El origen de estos minerales está relacionado con un aumento de la temperatura y una circulación de fluidos por el interior de los sedimentos. Estos procesos provocan una transformación de la composición química original de la roca y dan lugar a la aparición de minerales nuevos, estables en las nuevas condiciones físicas y químicas.

La formación de los cristales se explica por la reacción del hierro procedente de los sedimentos lutíticos, ricos en óxidos de hierro y clorita, con el azufre procedente de la rotura térmica de pirita sedimentaria o bien de la reducción termoquímica de los sulfatos sedimentarios. Las piritas aparecen en niveles lutíticos siempre en contacto con capas de arenisca, las cuales actuaron durante el metamorfismo como acuíferos transportando fluidos calientes ricos en azufre. Las variaciones morfológicas de los cristales de pirita se relacionan con la disponibilidad de azufre de estos sedimentos.

#### PROPUESTA DE ACTIVIDADES

1. Averigua el por qué de la presencia de piritas en Ambasaguas.
2. Recoge una muestra de pirita en la zona.
3. Analiza la muestra en el laboratorio.
  - a) *Determinación de la presencia de carbonatos.* Derramamos unas gotas de HCl, sobre una muestra; si se produce efervescencia, existen carbonatos y si no se observa burbujeo, los carbonatos no están presentes en la roca.
  - b) *Cálculo de la densidad.* ( $D=M/V$ ): Pesamos el mineral en la balanza. Introducimos el mineral en una probeta enrasada hasta 50 ml de agua y observamos el volumen desplazado por el mineral. ( $V'' - V' = V$ )
4. Investiga sobre las utilidades de la pirita.
5. Realiza fotografías de la zona.
6. Toma notas de interés que te ayudarán a realizar la memoria final.

## 4. APLICACIÓN DIDÁCTICA

**Alumnado al que va dirigido:** La ruta educativa que se expone en este proyecto va dirigida al alumnado de 2º de Bachillerato que cursa la asignatura de Geología.

**Justificación didáctica:** Las actividades de campo, juegan un papel fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Geología, permitiendo completar la formación teórica recibida en clase con la observación directa. Estas salidas rompen con la rutina habitual de las clases y trasladan el conocimiento al mundo real, relacionando el aprendizaje de contenidos con su aplicación inmediata para explicar la realidad.

El itinerario geológico es, por tanto, uno de los principales recursos educativos a utilizar para la enseñanza de esta disciplina y para la consecución de muchas de las capacidades incluidas en los criterios de evaluación de la materia; como los que a continuación se citan:

- Entender el concepto de tiempo geológico y los principios fundamentales de la geología, como los de la horizontalidad, superposición, actualismo y uniformismo.
- Analizar el dinamismo terrestre explicado según la teoría global de la Tectónica de Placas.
- Observar las manifestaciones de la Geología en el entorno diario e identificar algunas implicaciones en la economía, política, desarrollo sostenible y medio ambiente.
- Describir propiedades que caracterizan a la materia mineral.
- Conocer grupos de minerales importantes.
- Conocer los principales ambientes y procesos geológicos formadores de minerales y rocas.
- Conocer el origen de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.
- Conocer y diferenciar por sus características distintos tipos de rocas.
- Relacionar la Tectónica de Placas con algunos aspectos geológicos: relieve, clima y cambio climático, variaciones del nivel del mar, distribución de rocas, estructuras geológicas.
- Describir las principales estructuras geológicas.
- Reconocer la capacidad transformadora de los procesos geológicos externos.
- Analizar el concepto del tiempo geológico y entender la naturaleza del registro estratigráfico y la duración de diferentes fenómenos geológicos.
- Conocer algunos tipos de estructuras sedimentarias y biogénicas y su aplicación.
- Conocer los principales métodos de datación absoluta y relativa.
- Conocer técnicas que se utilizan en la geología del campo y manejar algunos instrumentos básicos.
- Observar los principales elementos geológicos de los itinerarios: afloramientos, rocas, minerales y fósiles.
- Integrar la geología local del itinerario en la geología regional.
- Entender las singularidades del patrimonio geológico, valorando y apreciando los diferentes elementos.

## BIBLIOGRAFÍA

- I.G.M.E. (1974).- Mapa Geológico de España a escala 1:200.000, (síntesis de la cartografía existente). Hoja y Memoria, no. 21, Logroño. *Inst. Geol. Min. España. Minis. Industria*. Madrid.
- Rodendo. Revista de Geología aragonesa. Nº 045- Diciembre 2013
- R. McN. ALEXANDER, Estimates of speeds of dinosaurs. Revista Nature 261, 13 May 1976.
- Yacimientos paleontológicos de La Rioja. Consejería de Obras Públicas y Urbanismo. Gobierno de La Rioja.
- <http://www.larioja.org/territorio/es/minas/jornadas-estudios-publicaciones-tecnicas/inventario-recursos-geologico-mineros-caracter-singular-rio/fichas-descriptivas-puntos-geologico-minero-singulares.ficheros/>
- <http://www.geovirtual2.cl/geoliteratur/Walther/037DiscordanciaWalther.htm>
- Agradecimientos: A Laura Fernández González, María Gómez Benito y Jorge Muro Hernández, por los conocimientos aportados y hacer posible este pequeño itinerario en la Rioja Baja.