

geología 16

La Rioja

8 de mayo de 2016

La cuenca de Villarroya:
geología de bolsillo

EXCURSIÓN GRATUITA

PUNTO DE ENCUENTRO Y HORA

Cruce de carreteras LR-123 y LR-488 (Villarroya) 9:30 a.m.

Información detallada del lugar de encuentro y folleto
de la excursión en:

www.sociedadgeologica.es

COORDINAN:



ORGANIZAN:



Departamento de
Ciencias de la Tierra
Universidad Zaragoza



MUSEO
ARQUEOLÓGICO
REGIONAL



FINANCIAN:



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



FUNDACIÓN ESPAÑOLA
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA

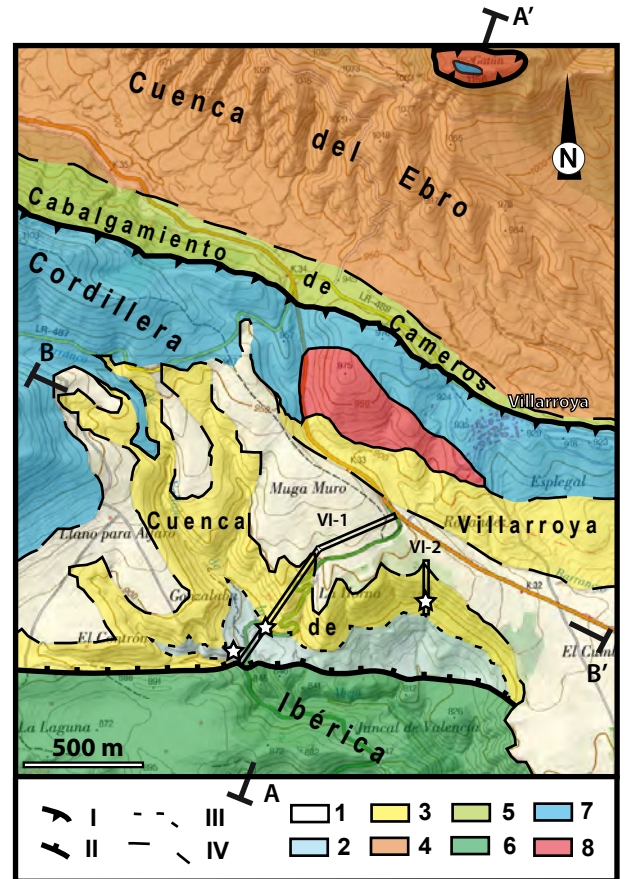


La cuenca de Villarroya: Geología en superficie y en profundidad

En el mapa geológico de los alrededores de Villarroya están representados materiales y estructuras tectónicas pertenecientes a dos importantes unidades geológicas a escala regional: 1) **el borde norte de la lámina del Cabalgamiento de Cameros** y 2) **el extremo Sur de la Cuenca cenozoica del Ebro**; ambas separadas por el **Cabalgamiento de Cameros**, una estructura tectónica que marca el contacto entre la Cordillera Ibérica y la Cuenca del Ebro a lo largo de más de 120km, desde la S^a de la Demanda, al oeste hasta la S^a del Moncayo, al este.

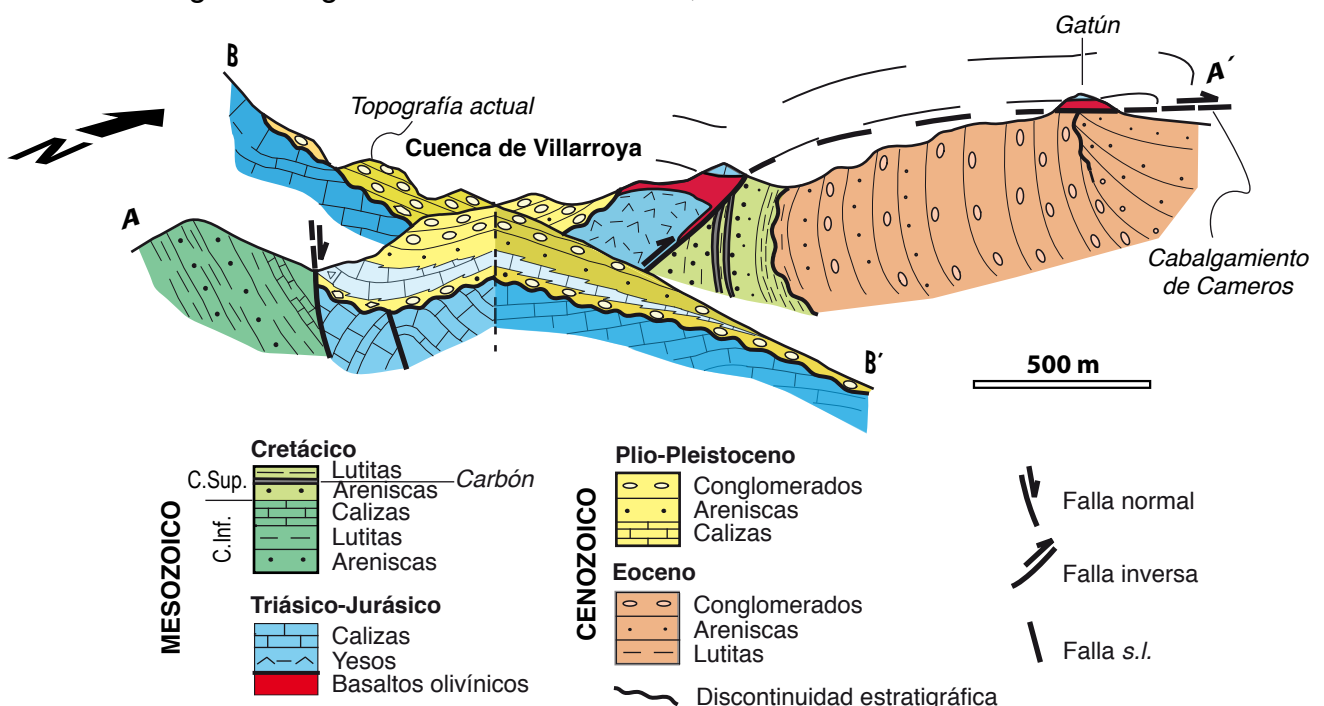
La primera unidad constituye un “bloque” de rocas desplazados hacia el norte unos 30 km respecto a su posición original, en respuesta al “empuje” asociado a la colisión entre dos placas tectónicas; la Ibérica y la Euroasiática; durante el Paleógeno y buena parte del Neógeno. Las rocas más antiguas de esta unidad corresponden a rocas ígneas básicas (basaltos alcalinos espilitizados) emplazadas, a pocos metros de la superficie, al final del Periodo Triásico (hace unos 200 Ma). Las rocas más modernas son de edad Pliocena (unos 3 Ma) y constituyen el relleno de una pequeña cuenca sedimentaria: la **Cuenca de Villarroya**.

El sector sur de la Cuenca del Ebro está representado por materiales (conglomerados, areniscas y lutitas) depositados, entre el Paleógeno y el Neógeno, al mismo tiempo que, al sur, se estaba produciendo el levantamiento de esta parte de la Cordillera Ibérica. Dos cortes geológicos perpendiculares permiten hacerse una idea de la configuración geométrica de este sector;



1) Cuaternario, 2 y 3) Plio-Pleistoceno de la Cuenca de Villarroya, 4) Eoceno de la Cuenca del Ebro, 5) Cretácico Superior (facies Utrillas), 6) Cretácico Inferior (facies Weald), 7) Triásico-Jurásico Inferior, 8) Basaltos olivínicos (Triásico Superior), I. Cabalgamiento, II. Falla normal, III. Contacto estratigráfico concordante, IV. Contacto estratigráfico discordante.

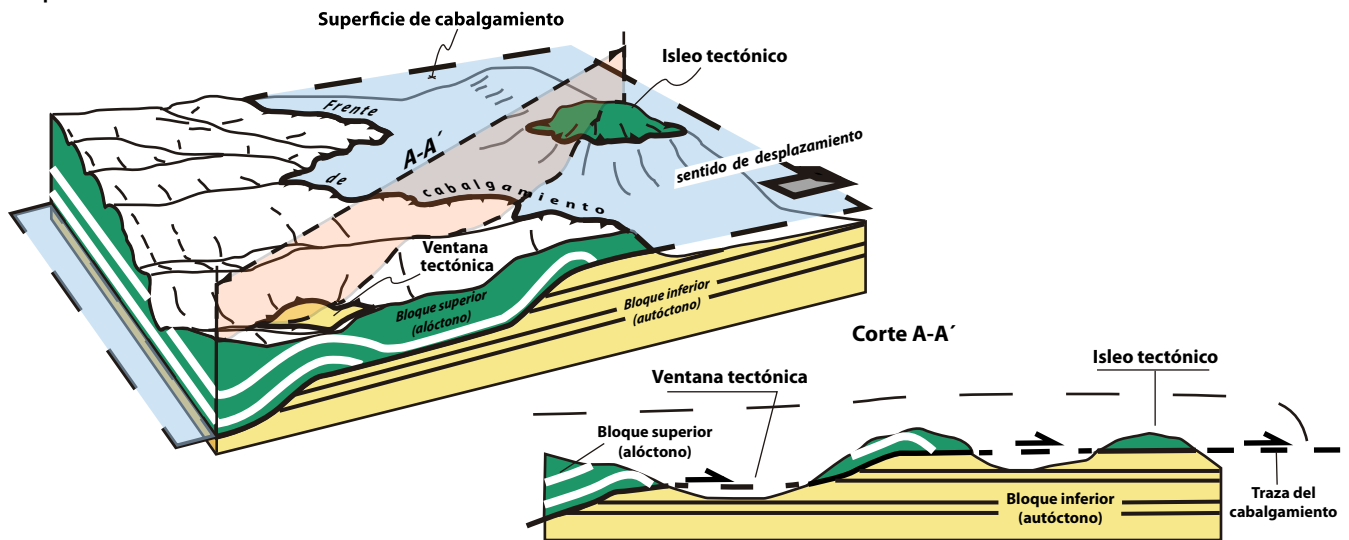
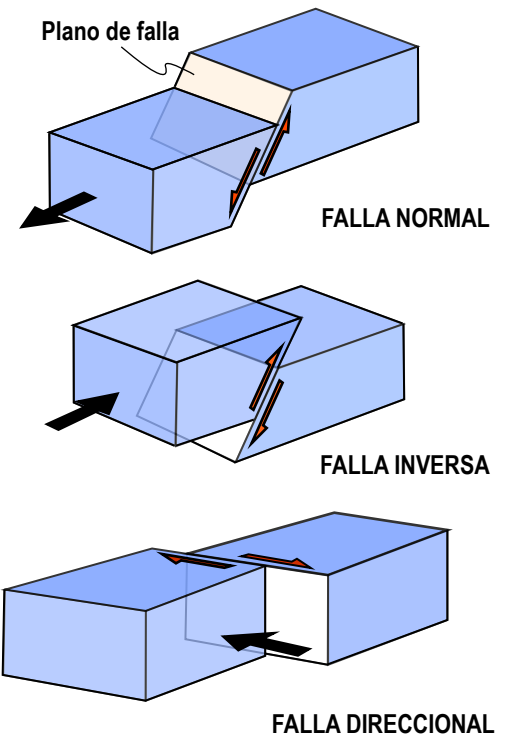
destacando la particular ubicación de los materiales pliocenos, limitados al sur por una falla normal, y la geometría del cabalgamiento de Cameros que permite explicar la localización de las rocas ígneas del Pico de Gatún sobre las capas verticales e inclinadas de la Cuenca del Ebro.



El Cabalgamiento de Cameros: el límite “tectónico” entre la S^a de Cameros y el Valle del Ebro

Una falla es una fractura del terreno con un desplazamiento relativo de las partes (bloques) separadas por ella. Considerando la falla como una única superficie, pueden diferenciarse 3 tipos básicos:

1) **falla normal** si el bloque que descansa sobre el plano (bloque superior) se ha hundido, 2) **falla inversa** cuando el bloque superior se ha levantado y 3) **falla direccional** cuando los bloques se han movido en la horizontal. Una situación especial se produce cuando el plano de falla está poco inclinado o es horizontal y los desplazamientos son muy grandes. Esto puede ocurrir tanto en fallas compresivas (asociadas a acortamiento a escala regional) o distensivas (asociadas a estiramiento regional). En tales casos, las relaciones entre los bloques de la falla y la topografía pueden dar lugar a elementos cartográficos especiales: 1) **Isleos tectónicos** o porciones del bloque superior aisladas por la erosión y rodeada completamente por materiales del bloque inferior y 2) **ventanas tectónicas**, o “agujeros” erosivos, en el bloque superior que permite observar una porción aislada de rocas del bloque inferior.

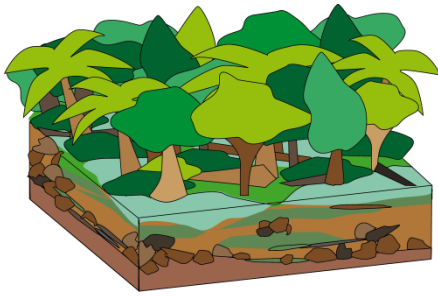


Un ejemplo de “isleo tectónico” es el Pico de Gatún donde rocas ígneas, de origen subvolcánico, de una edad triásica (≈200 millones de años), se disponen sobre capas verticales de conglomerados eocenos (≈40 millones de años). No se trata, por tanto, de un volcán aislado sino de una porción del bloque superior del cabalgamiento de Cameros rodeada, por completo, por rocas del bloque inferior de la Cuenca del Ebro.



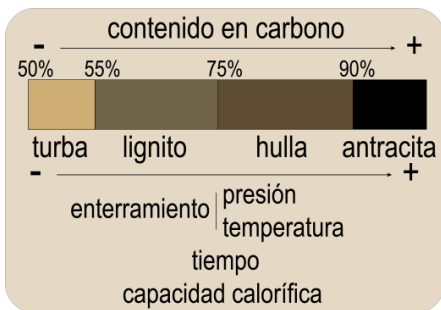
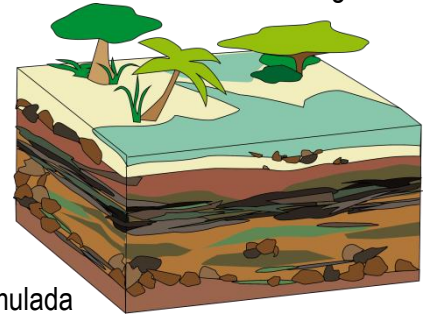
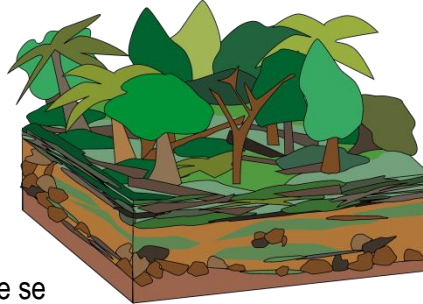
El carbón y la minería riojana

Hasta mediados de los años 60 del siglo pasado, la explotación de carbón fue una actividad común en varias poblaciones de La Rioja Baja, entre ellas Villarroya. Durante las décadas en las que esta explotación estuvo activa, la localidad de Villarroya vivió un repunte en su población, llegando a alcanzar cerca de 300 habitantes durante los años 50.



El origen del carbón

El carbón es un **combustible fósil** (como el petróleo y el gas natural) que se forma por la degradación de gran cantidad de **materia vegetal** terrestre acumulada en pantanos y lagos continentales o costeros de climas cálidos. Estas áreas en las que se acumula la vegetación tras morir se denominan **turberas** y en ellas se produce la desintegración de la materia orgánica en ambientes **sin oxígeno** y con el suelo permanentemente saturado en agua. Los restos se enriquecen en carbono durante su desintegración, pasando a denominarse **turba**. Con el tiempo, la turba queda enterrada por otros sedimentos. Cuando el espesor de éstos es suficiente, se produce un aumento de la presión y/o la temperatura y la turba **se litifica** (se convierte en roca).



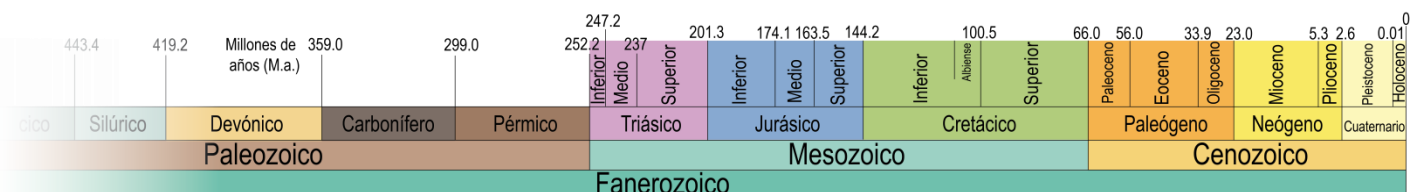
La calidad del carbón y el tiempo geológico

Los **tipos** de carbón se clasifican según su porcentaje en carbono. Además, cuanto mayor sea este porcentaje, el carbón contiene menores cantidades de otros elementos: la presencia de agua (hidrógeno y oxígeno) reduce la capacidad calorífica del carbón, mientras que elementos como el **azufre** (S) y el **mercurio** (Hg) resultan **altamente contaminantes** al ser quemados.

En definitiva, la **“calidad”** del carbón será mayor cuanto mayor sea su contenido en carbono, y éste depende directamente de la **evolución geológica** de materia orgánica a lo largo del **tiempo geológico**: cuanto más tiempo pase, más sedimentos podrán acumularse por encima y, por tanto, mayor presión y temperatura podrá alcanzarse en la turba. Estos factores influyen en su enriquecimiento en carbono.

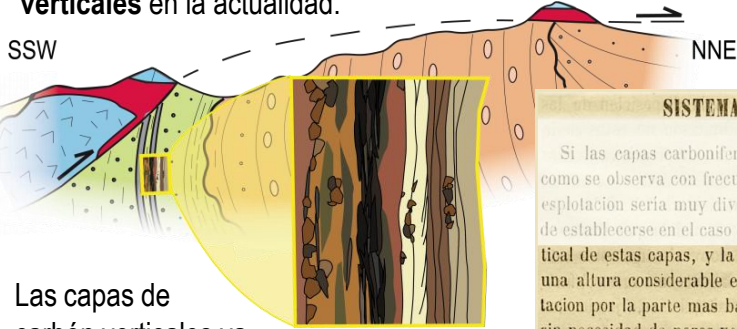
El carbón riojano

Gran parte de los carbones del planeta se localizan en rocas del período **Carbonífero** (entre 359 y 299 M.a. de edad). Sin embargo, los niveles carbonosos explotados en la Cordillera Ibérica, desde la Rioja Baja hasta la Comarca de las Cuencas Mineras en Teruel, se localizan en la **Formación Escucha**, que se depositó durante el **Albiense** (entre 110 y 100 M.a.), en relación con deltas influenciados por la marea en climas cálidos. Este carbón es de tipo lignito y suele contener sulfuros (compuestos de azufre), por lo que su quema resulta más contaminante aún que la de otros tipos de carbón.



La mina de Villarroya

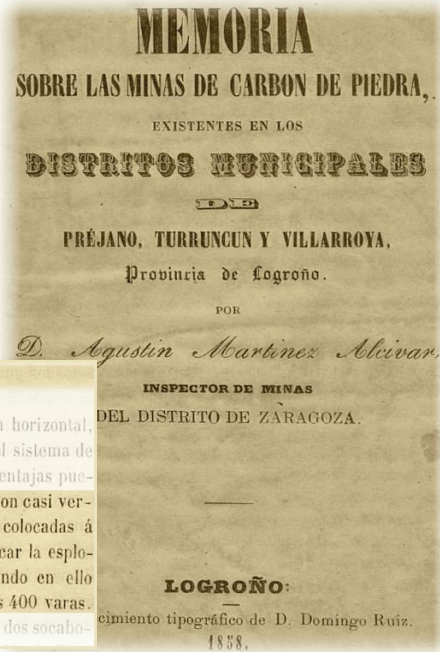
La **compresión tectónica** que afectó a la Cuenca Ibérica durante el Cenozoico originó los relieves que vemos ahora en Cameros. Las capas de rocas se plegaron y se apilaron por efecto de fallas inversas (**cabalgamientos**), hasta disponerse tal y como se ven en el corte geológico. Los **estratos** de la Formación Escucha (incluidas las capas de **carbón**) se disponen casi **verticales** en la actualidad.



Las capas de carbón verticales ya fueron descritas en el informe del técnico de minas **A. Martínez Alcivar** en 1858. Este documento completaba el de 1854 del ingeniero **H. Verniere**, que describía el carbón de la región como de mayor calidad que el lignito, lo cual aumentó el interés por su explotación. Sin embargo, el máximo de producción en este período (unas 1200 toneladas en 1867) suponía tan solo un **0,13% de la producción nacional**. Además, las dificultades de transporte lo encarecían en exceso. Cada tonelada de carbón riojano se vendía a unas 31 pesetas (algo menos que el carbón inglés, de calidad muy superior), mientras que el carbón asturiano se vendía por unas 25 pesetas/T.

SISTEMA DE ESPLORACION.

Si las capas carboníferas ocuparan una posición horizontal, como se observa con frecuencia en otros depósitos, el sistema de explotación sería muy diverso del que con muchas ventajas puede establecerse en el caso que nos hallamos. La posición casi vertical de estas capas, y la circunstancia de hallarse colocadas a una altura considerable en la montaña, permite atacar la explotación por la parte más baja de aquella sierra, ganando en ello sin necesidad de pozos verticales, una altura de unas 400 varas. Atendiendo a esto, es mi opinión que se establezcan dos socabos.



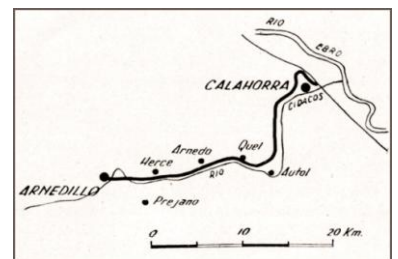
El repunte en la producción durante el siglo XX

Al estallar la I Guerra Mundial en 1914, muchos mineros británicos fueron reclutados como soldados por lo que la producción de carbón inglés se redujo drásticamente. Para paliar la **crisis energética** causada por el conflicto, en nuestro país se promovió la **producción nacional**. Así comenzó la segunda y más importante etapa minera en La Rioja, que continuó durante la República a raíz de la actividad de las cooperativas obreras. Durante esta etapa, se planeó mejorar las **comunicaciones** para dar salida al carbón de la región. En los **años 20** comenzó a construirse la línea del Ferrocarril Secundario Carbonero de la Rioja Baja (el **“trenillo”**) para transportar la materia prima desde la mina de **Préjano** hasta Calahorra (enlazando allí con la línea principal del Norte). El trazado completo (Arnedillo-Calahorra) se finalizó en **1942**.



Enlace en Calahorra con la línea principal de ferrocarril del Norte
Fotografía de Christian Schnabel.

Mapa del trazado completo de la vía secundaria del “trenillo” tomado del proyecto de 1942 de EFE.



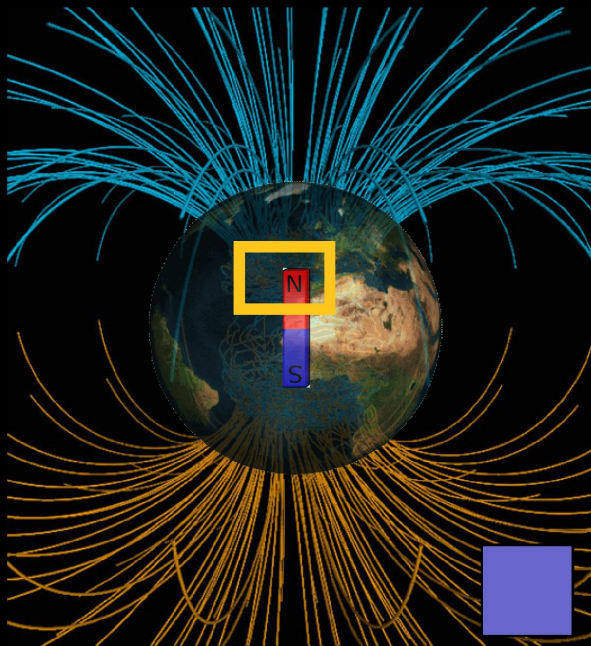
En **Villarroya** la producción era menor y el carbón se transportaba en carros o alforjas acarreados por **animales de carga**. El zenit de producción tuvo lugar durante la etapa de autarquía del franquismo, con la línea de ferrocarril completada. El **máximo** se alcanzó en **1952**, cuando se extrajeron unas 7000 toneladas de carbón en las diversas explotaciones de la comarca. En los municipios de la zona, los jóvenes eran eximidos del servicio militar si trabajaban en las minas.

La producción decayó en los años 60 y con ella la población en los pueblos de la zona. Las minas se **clausuraron** definitivamente en **1967**. Actualmente, las **escombreras** y algunas de las **edificaciones** mineras aún son visibles en el entorno de Villarroya.



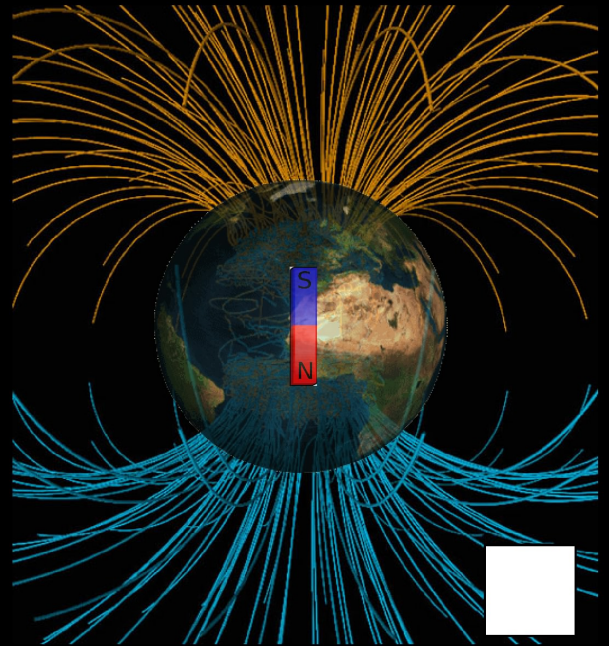
El campo magnético terrestre: herramienta de datación

Polaridad Normal del Campo



La brújula apunta hacia el Norte geográfico

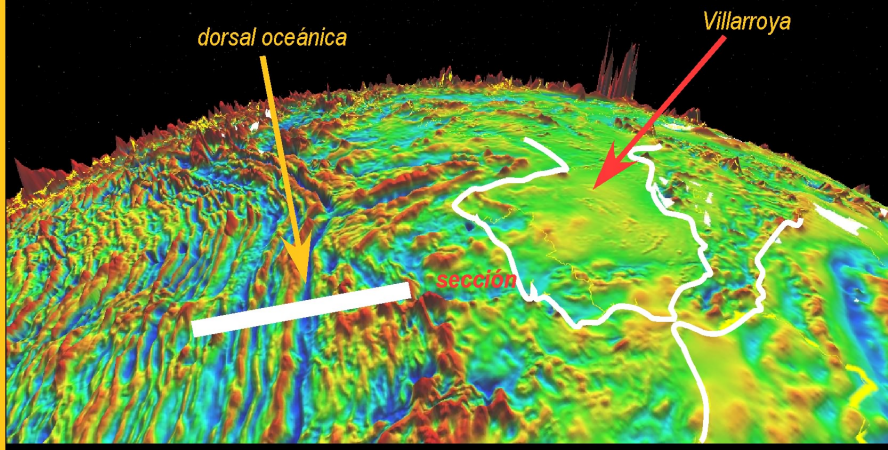
Polaridad Inversa del Campo



La brújula apuntaría hacia el Sur geográfico

Registro de la polaridad en las dorsales oceánicas

<http://www.geomag.org/models/emag2.html>



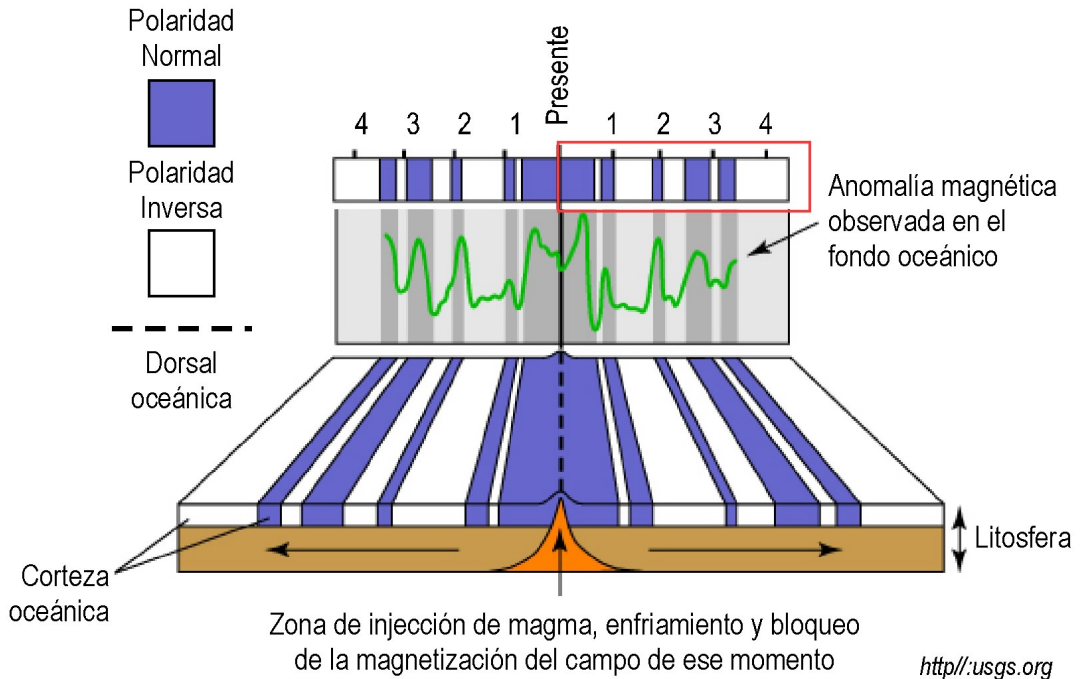
La Tierra posee un campo magnético originado en el núcleo externo por corrientes de hierro fundido (no todos los planetas del sistema solar lo tienen).

Este campo es mayoritariamente dipolar (como un gran imán ubicado en su núcleo) y su eje está centrado con el eje de rotación. Su aplicabilidad en navegación se conoce desde la China antigua. Una de las peculiaridades del campo es que su polaridad cambia en el tiempo (los polos Norte y Sur del campo se intercambian). Estos cambios se han podido datar gracias al estudio de las anomalías del campo en las dorsales oceánicas, lo que ha permitido obtener una Escala de Tiempo de la polaridad magnética.

Por otra parte las rocas son capaces de registrar y mantener la polaridad magnética del momento de su formación. Si estudiamos la polaridad magnética de una sucesión sedimentaria y obtenemos la denominada "secuencia local de polaridad", podemos datar dicha serie cuando la relacionemos con la escala global de polaridad.

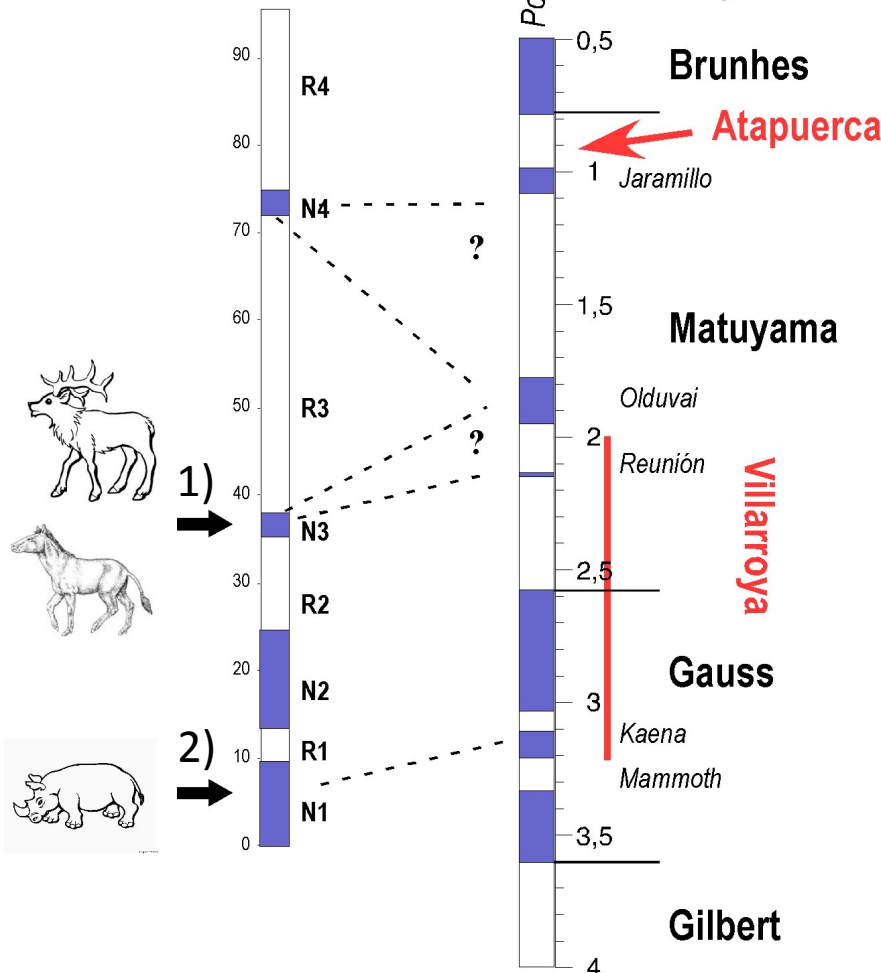
Esta herramienta de datación se denomina "magnetoestratigrafía", puede ser aplicada en casi cualquier tipo de rocas y ha permitido mejorar considerablemente la concepción del tiempo en los procesos geológicos.

ANOMALÍAS DE FONDO OCEÁNICO: CONSTRUCCIÓN DE LA ESCALA DE TIEMPO DE POLARIDAD MAGNÉTICA



ESCALA DE TIEMPO DE POLARIDAD MAGNÉTICA

SECUENCIA LOCAL DE VILLARROYA



Datación de los yacimientos de Villarroya

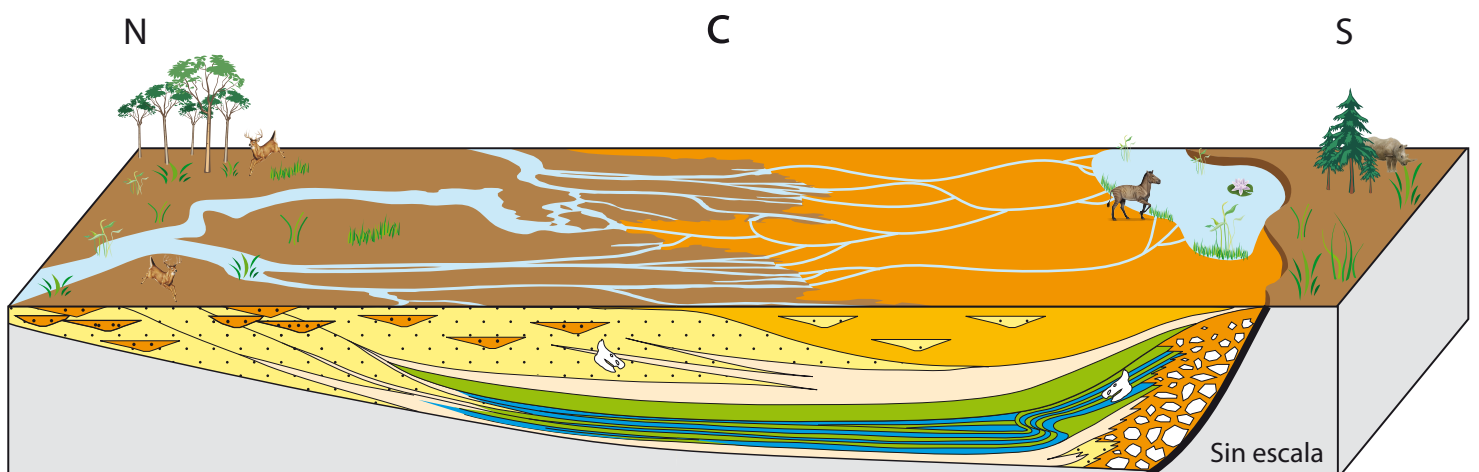
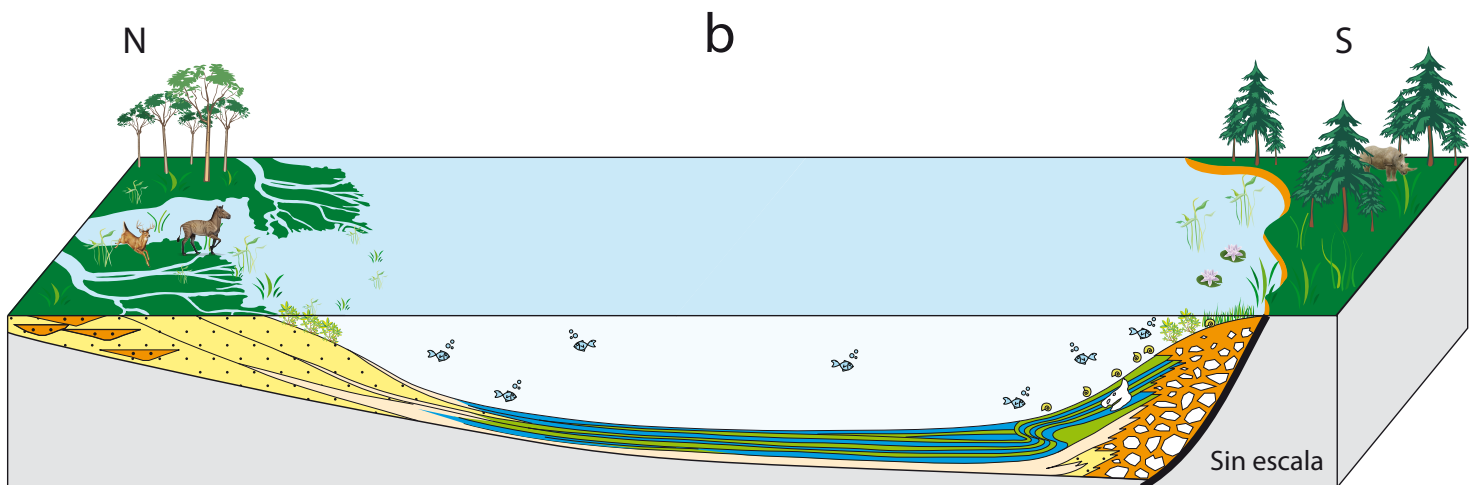
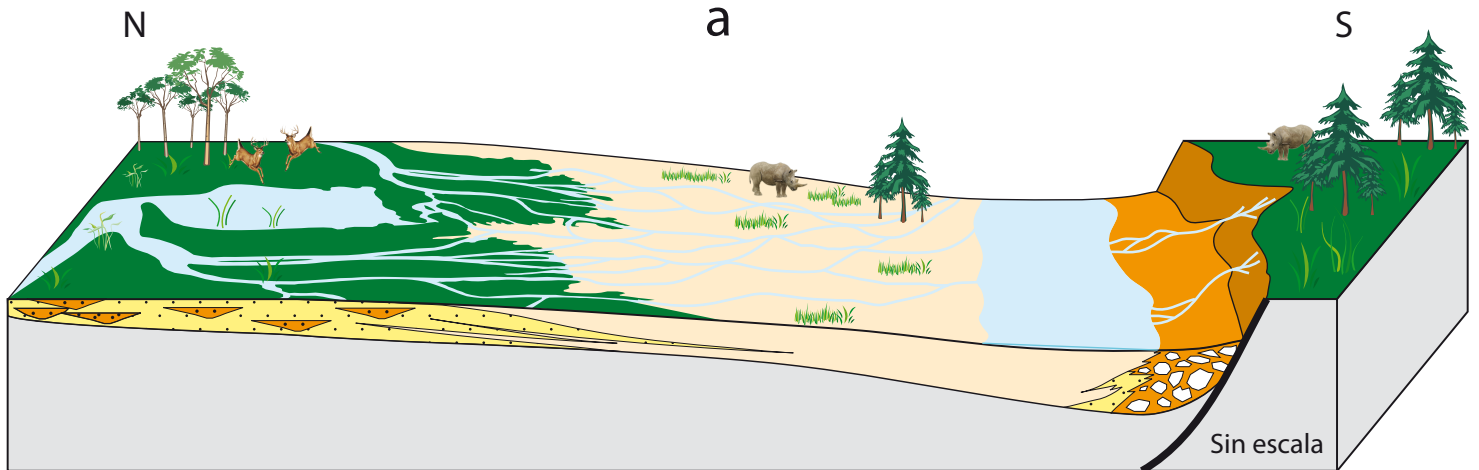
En la cuenca de Villarroya se ha realizado un estudio magnetoestratigráfico con el fin de datar los yacimientos existentes:

1) El yacimiento clásico con caballos tipo *Hipparion*, ciervos, etc... ha sido datado en 2,128-2,148 Ma (algo más joven de lo esperado)

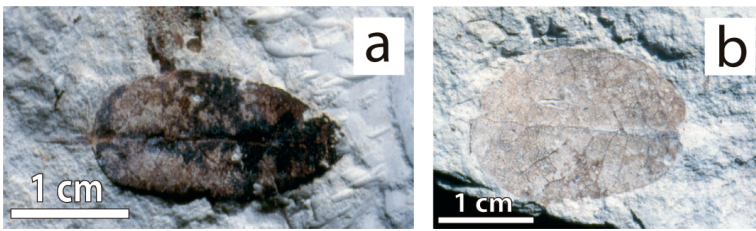
2) El rinoceronte encontrado en 2014 puede ser datado en unos 3,2 Ma

El lago de Villarroya

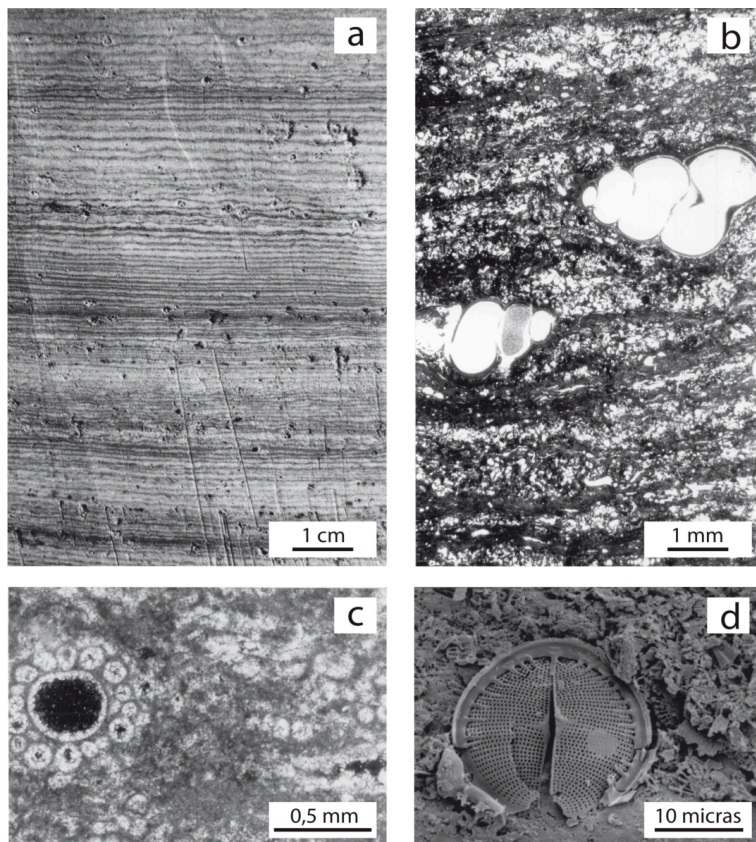
El lago de Villarroya se formó hace 3,2 millones de años (a) por el movimiento de una falla normal que creó, al Norte de la misma, una fosa asimétrica y alargada en sentido Este-Oeste. El lago, con un margen norte de suave pendiente y un margen sur muy escarpado (b) estuvo activo durante medio millón de años (3,2-2,7 Ma). A partir de este momento la actividad tectónica fue menos importante y se produjo un cambio climático hacia condiciones más áridas lo que provocó la colmatación del mismo (c).



¿ Sabías que ... las cuencas sedimentarias no se forman instantáneamente? Su origen y evolución está controlada por el equilibrio entre el hundimiento del fondo de la cuenca y la tasa de relleno sedimentario. En función del factor dominante las cuencas se hacen más profundas o más someras.



La gran cantidad de restos vegetales que se han conservado en los sedimentos lacustres (a y b) señalan la existencia de una gran cantidad de plantas en los alrededores del lago y dentro del mismo, donde convivían con peces, ostrácodos y gasterópodos. Todos los restos fósiles fueron arrastrados a las partes más profundas del lago donde se han conservado por la ausencia de oxígeno. Este factor ha sido sin duda muy relevante en la conservación del esqueleto de un rinoceronte: *Stephanorhinus cf. etruscus* (c). En la fotografía se aprecia el aspecto que tenía el yacimiento el día de su descubrimiento (17 de octubre de 2014).



Las varvas son depósitos lacustres de origen estacional, formadas por la alternancia de láminas claras y oscuras. En las fotografías se muestran varvas del lago de Villarroya vistas a diferentes escalas. (a) Sección pulida de las varvas donde se aprecia la alternancia de láminas claras (formadas durante el verano) y oscuras (correspondientes al invierno). (b) Lámina delgada de la roca donde se ve la alternancia de láminas claras y oscuras y secciones longitudinales de gasterópodos. (c) Lámina delgada donde se observa una sección transversal de un tallo de alga (se asemeja al disco de marcación de los antiguos teléfonos). (d) Fotografía, tomada con un microscopio electrónico de barrido, de una diatomea (alga unicelular).

¿ Sabías que ... las láminas claras del lago de Villarroya contienen polen de plantas que florecen al final de la primavera y durante el verano, mientras que el polen de las oscuras corresponde a las que florecen al final del invierno e inicio de la primavera? La abundancia y proporción de las diferentes especies de polen incluidas en cada lámina, así como el espesor de las mismas, nos permite conocer con una precisión semestral cuales eran, hace 3 Ma, las condiciones meteorológicas de la zona (lluvias durante el otoño-invierno y temperaturas durante la primavera-verano).

Para saber mucho más ...

- Alberdi, M., Azanza, B. y Cervantes, E. (Coord.). *Villarroya, yacimiento clave de la paleontología riojana*. IER (en prensa).
- Gauthier, A. y Muñoz, A. (2009). Seasonal sedimentation in the Pliocene Villarroya Lake (N Spain) inferred from pollen analysis. *Sedimentary Geology*, 222(1), 111-123.
- Muñoz, A., Ojeda, J., y Sánchez-Valverde, B. (2002). Sunspot-like and ENSO/NAO-like periodicities in lacustrine laminated sediments of the Pliocene Villarroya Basin (La Rioja, Spain). *Journal of Paleolimnology*, 27(4), 453-463.

El yacimiento del rinoceronte

En octubre de 2014 Arsenio Muñoz, profesor del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza, descubrió unos restos óseos en la cuneta de la carretera que atraviesa la cuenca de Villarroya, en el término municipal de Muro de Aguas. Tras realizar una primera excavación de urgencia en noviembre de ese mismo año, autorizada por el Servicio de Conservación del Patrimonio Histórico Artístico del Gobierno de La Rioja, se comprobó que esos restos pertenecían al esqueleto de un mamífero de gran tamaño. Una segunda excavación realizada unos meses más tarde, en junio de 2015, permitió recuperar un esqueleto casi completo y articulado de un rinoceronte, *Stephanorhinus cf. etruscus*.

Se trata de uno de los esqueletos más completos de esta especie de rinoceronte encontrados en España y en Europa. Se trata de un esqueleto de algo más de 2,5 m de longitud, en el que solo faltan los extremos distales de las extremidades, que fueron destruidos por unas obras de acondicionamiento de la carretera realizadas unos años antes. En la mayoría de los yacimientos solo se encuentran fragmentos de huesos o dientes aislados, como en el yacimiento clásico de grandes mamíferos de Villarroya. En este caso, las especiales condiciones que existieron cuando se formaron los sedimentos en donde se encuentra el esqueleto, propiciaron que éste se conservara íntegro de manera excepcional. El rinoceronte de Muro de Aguas habitó hace unos 3,2 millones de años en las cercanías del lago que ocupaba en aquel momento el fondo de la cuenca de Villarroya. Por causas que se desconocen, el rinoceronte murió y su cuerpo fue a parar a las aguas del lago. Tras un tiempo durante el que pudo permanecer flotando en su superficie, finalmente se hundió en las aguas profundas. Estas carecían de oxígeno, por lo que impidieron que la actividad de cualquier organismo descomponedor desarticulara el esqueleto, que poco a poco fue enterrado por los sedimentos que llegaban al lago. Es de esta manera como ha llegado prácticamente intacto hasta nuestros días.

En la actualidad, el esqueleto de rinoceronte está siendo preparado y restaurado por la misma empresa madrileña que se encargó de su excavación, PaleoConsult SL. Cuando finalice esta etapa de trabajo, podrá ser estudiado en detalle por los paleontólogos. Posteriormente, será exhibido en el Museo de La Rioja en Logroño, donde el esqueleto será finalmente custodiado de acuerdo con la decisión de la Consejería de Cultura del Gobierno de La Rioja.



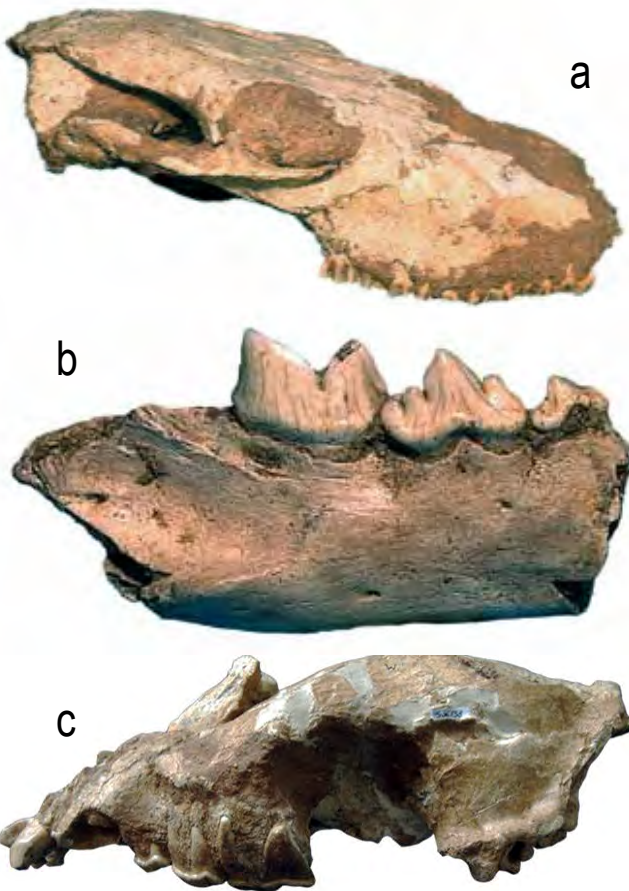
¿Sabías que ... los restos de micromamíferos de los yacimientos nos indican las condiciones ambientales? El yacimiento que aparece en el techo del lago, probablemente se formó bajo un clima cálido en un bioma de sabana. El yacimiento clásico se originó en unas condiciones más frías en un bioma de pradera. En ambos casos algunos indicios, en forma de especies con requerimientos acuáticos, sugieren la posible persistencia del lago que se encuentra claramente registrado en los sedimentos de la base del relleno sedimentario de la cuenca.

Escaneado tridimensional del esqueleto de rinoceronte durante el proceso de excavación en junio de 2015.

El yacimiento clásico de Villarroya

El yacimiento clásico de grandes mamíferos de Villarroya fue dado a conocer a la ciencia por el ingeniero de minas Eduardo Carvajal en la década de los años 20 del siglo pasado. Desde entonces ha sido excavado sucesivamente por diferentes equipos de investigadores a lo largo del siglo XX. Como resultado de todas estas campañas, se ha recuperado uno de los conjuntos más amplios de fósiles de grandes mamíferos del Villafranquiense ibérico. El Villafranquiense es una división del tiempo geológico basada en el contenido en grandes mamíferos de las sucesiones sedimentarias. Fue definida a partir del conjunto de yacimientos de la localidad italiana de Villafranca d'Asti, de donde toma su nombre. Abarca un período de tiempo comprendido, aproximadamente, entre 3,6 millones de años (Ma) y 1,1 Ma.

El yacimiento de Villarroya es uno de los mejores exponentes de esta edad de mamíferos en la Península Ibérica, con al menos 36 especies de vertebrados. En él se han encontrado restos de numerosas especies de carnívoros: félidos de dientes de sable, guepardos gigantes, hienas, osos, nutrias, perros mapaches y zorros. Entre los herbívoros se han encontrado restos de una especie de mastodonte; varias especies de cérvidos; varias especies de antilopes y gacelas; bóvidos, un caballo o cebrá y un rinoceronte. También se han encontrado numerosas especies de roedores: una especie de castor, una especie de puercoespín, varias especies de ratas de agua y tres especies de ratones. Hay también musarañas, un desmán y, tal vez, un erizo. Los reptiles están únicamente representados por algunos huesos de lagartija.



Villarroya es, junto a los yacimientos de la Puebla de Valverde en Teruel y Fonelas en Granada, uno de los yacimientos con un listado de especies de vertebrados más amplio de este período de tiempo, por lo que nos ayuda a conocer con precisión cómo eran los ecosistemas terrestres que existieron en la península hace algo más de 2 Ma. A partir de las especies de mamíferos que se han identificado en el yacimiento, se puede afirmar que cuando se originó, el clima era templado y seco, y el paisaje predominantemente abierto, con algunas manchas de arbolado y de vegetación arbustiva. En la concentración de los restos de vertebrados probablemente jugó un papel importante alguna de las especies de carnívoros, probablemente de hienas, presentes en el yacimiento, que suelen aportar los restos de sus presas a sus cubiles. La presencia de numerosos coprolitos (excrementos fosilizados) en el yacimiento puede considerarse una prueba de su actividad.

(a). Cráneo del bóvido *Leptobos elatus* (colecciones Museo Geominero, IGME).

(b). Fragmento de mandíbula del félido de dientes de sable *Megantereon cultridens* (colecciones Museo Geominero, IGME).

(c). Cráneo de la hiena *Pliocrocuta perrieri* (colecciones del Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont).

LR-123

Punto de encuentro



1

LR-488

2

Ruta Norte

3

4

Autores:

Arsenio Muñoz Jiménez
Emilio L. Pueyo Morer
César Laplana Conesa
Andrés Gil Imaz
Cristina García Lasanta
Antonio M. Casas Sainz

Villarroya

LR-123

LR-283

LR-123

Ruta Sur

2

1



3

4

0 250 500 m