

ICNITAS DE MAMÍFEROS EN LA FORMACIÓN PERALTILLA (Tránsito Eoceno superior-Oligoceno inferior, Paleógeno) EN ABIEGO (HUESCA). YACIMIENTO DE FONDOTA

José Ignacio CANUDO

Grupo *Aragosaurus* (<http://www.aragosaurus.com>). Paleontología. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza, jicanudo@unizar.es

LAS ICNITAS DE MAMÍFEROS EN EL PALEÓGENO DE EUROPA

Al estudiar la historia de la vida, solemos referirnos al Terciario como la "edad de los mamíferos". Sin embargo cuando se calcula la diversidad de los grupos de tetrápodos descubrimos que realmente hay más del doble de aves que de mamíferos (Dingus y Rowe, 1997); por esto algunos paleontólogos se refieren al Terciario, como la edad de los pájaros. El registro icnológico europeo terciario ofrece una visión similar, al ser el registro el de aves significativamente más abundante que el de mamíferos.

Lockley y Meyer (1999) subdividen informalmente el Terciario en dos grandes unidades en función de las icnitas de mamíferos. La primera sería la del Paleógeno caracterizada por faunas en la que los perisodáctilos (número impar de dedos), como rinocerontes y tapires están bien representados y los artiodáctilos (número par de dedos), son raros al menos hasta el comienzo del Oligoceno. Esta fauna podríamos considerarla como una icnofauna "arcaica". La segunda sería la fauna del Neógeno (Mioceno - Plioceno); se puede considerar como moderna por la gran abundancia de icnitas de artiodáctilos y de pájaros, así como icnitas características de algunos grupos modernos de carnívoros. Esta división resulta interesante de usar, pero hay que poner algunos matices, ya que los artiodáctilos también están bien representados en yacimientos paleógenos, como posteriormente vamos a ver. Por tanto su presencia no es un indicador de la fauna moderna, sino únicamente los son algunos de los icnotaxones, más relacionados con artiodáctilos modernos como los ciervos.

El registro de icnitas de vertebrados en el Paleógeno es escaso mundiales general, y lo mismo sucede también con los restos directos. Para algunos paleontólogos el Paleoceno es un intervalo temporal casi vacío. Aunque esto no es del todo cierto, indudablemente el vacío que dejó la gran extinción del final del Cretácico tardo un tiempo en llenarse. De hecho se desconocen icnitas de mamíferos del Paleoceno. En el Eoceno, aunque de una manera escasa comenzamos a tener cierto registro icnológico. En un trabajo clásico ElleMBERGER

(1980), describe varios icnogéneros de artiodáctilos, perisodáctilos, carnívoros y aves en el yacimiento del Eoceno superior de Garrigues, en la provincia de Gard (Francia). Identifica 8 icnogéneros, de los cuales 5 son de grandes mamíferos.

En el Oligoceno los yacimientos europeos de icnitas de mamíferos siguen siendo escasos, habiéndose encontrado en Francia (Demathieu *et al.*, 1984) y en España. En los yacimientos franceses se han descrito icnotaxones desconocidos en niveles estratigráficos más antiguos como icnitas tridáctilas, *Ronzotherichnus vovoncese*, atribuibles a rinocerontes. Los artiodáctilos están representados por *Bifidipes velox*, unas icnitas que podían estar relacionados con taxones modernos, como cérvidos. También se han encontrado icnitas pentadáctilas identificadas como *Palagiolophustipus* y atribuidas a carnívoros primitivos.

Es notable, que dentro de la escasez general de icnitas de mamíferos en el paleógeno europeo, la mayoría de las citas de icnitas paleógenas es precisamente en el valle del Ebro (Navarra y Lleida), por lo que vamos a verlas un poco más en detalle.

ICNITAS EN EL PALEÓGENO DEL VALLE DEL EBRO Y ÁREAS CERCANAS

Una de las áreas más interesantes para el estudio de icnitas de tetrápodos en el Terciario europeo son las cuencas españolas, y especialmente la cuenca del Ebro. No es por tanto extraño que la primera cita sobre icnitas terciarias en España provenga del valle de Ebro. En un trabajo clásico, Hernández-Pacheco (1929) describe icnitas de aves en el Oligoceno de Peralta de la Sal (Huesca), aunque hay autores que erróneamente las citan en Lleida (Casanovas-Cladellas y Santafé-Llopis, 1982). Mangin (1962) y algo más tarde Raaf *et al* (1965) son los primeros que citan icnitas de aves en la Arenisca de Liédena, del Eoceno superior de Navarra. Raaf *et al* (1965) identifica varias especies de Charadriiformes representadas por pequeñas y grandes icnitas. Puigdefabregas (1975) apunta la presencia de *Charadriipeda minima* y *Charadriipeda disjunta* en estos materiales. Estas icnitas son morfológicamente similares a las actuales Charadriiformes, grupo que incluye a las gaviotas y a aves afines, todas ellas situadas en hábitat marinos marginales y que se conocen desde el Cretácico superior (Olson, 1985).

Recientemente Payros *et al.*, (2000) hacen una revisión de estos yacimientos y además de charadriiformes, ya conocidas anteriormente, citan una forma similar a *Avipeda* que podría pertenecer a Ciconiiformes (cigüeñas y aves similares) o Gruiformes (grullas y aves

similares). Además describen el nuevo taxón *Leptoplitostupus pyrenaicus* relacionándolo con las pisadas dejadas por *Leptolipos crumeniferus*, el marabú africano. Como vemos ha habido estudios amplios sobre las icnitas de aves del Eoceno superior situados en el borde noroeste de la Cuenca del Ebro, sin embargo en los yacimientos aragoneses están prácticamente desconocidos, a pesar de ser en el primer lugar de España donde se describieron (Hernández-Pacheco, 1929). Precisamente en los alrededores de Peralta de la Sal aflora el Oligoceno inferior en facies de areniscas finas y arcillas, donde suelen encontrarse icnitas de aves en los buenos afloramientos. Algunos de estos afloramientos son bien conocidos por los habitantes de la zona y se pueden encontrar en los libros de divulgación y turismo (por ejemplo Biarge *et al.*, 2001), pero por el momento no se ha realizado ningún estudio patrimonial, ni científico que permita conocer su valor e interés.

La primera cita sobre icnitas de mamíferos en el Terciario de la Cuenca del Ebro es relativamente reciente, al ser las descritas por Casanovas-Cladellas y Santafé-Ilopis (1974) en los alrededores de Vilanova de la Aguda (Pons, Lleida) y Suria (Barcelona). Estos autores describen unas icnitas que relacionan con posibles cánidos, félidos y rinocerótidos en niveles del Oligoceno inferior. Lo importante de esta cita es que representa la primera de las citas sobre icnitas de mamíferos, aunque sus determinaciones no son demasiado precisas, ya que ninguno de estos dos tipos de carnívoros tiene representación en niveles estratigráficos tan antiguos.

La zona de Agramunt en Lleida es quizás la más importante en cuanto a icnitas de mamíferos del Paleógeno. Fue descrita por primera vez por Casanovas Cladellas y Santafé Ilopis (1982), que estudiaron un conjunto de cuarenta y una icnitas provenientes de una laja obtenida en la Sierra de Almenara. En ese trabajo describieron seis formas diferentes, tres de las cuales las relacionan con suidos y tres con aves. Dos de las formas de suidos las definen con dos nuevos icnogéneros: *Bothriodontipus agramunti* y *Entelodontipus viai* y las relacionan con los géneros *Bothriodon* y *Entelodon* respectivamente.

La importancia de este primer trabajo fue notable, ya que abrió la puerta a investigaciones posteriores en esta zona tanto por parte de aficionados, como de profesionales (ver referencias e historia en Santamaría *et al.*, 1989-1990). Estos autores estudian 79 icnitas que dividen en cinco icnoespecies: *Bothriodontipus agramunti*, *Bothriodontipus rovirai* (icnitas tetradáctilas producidas por antracotérido del tamaño de *Bothriodon*). *Pagiolophustipus montfalconensis* (icnitas tridáctilas producidas por un equoideo de talla pequeña a media, similar a *Pagiolophus*). El quinto tipo se incluye en *Creodontipus mongayensis*, cuyas icnitas tetradáctilas posiblemente fueran producidas por

un creodonto del tipo *Hyaenodon* y *Creodontipus almenarenis*, que lo relacionan con un hienodontino.

Más recientemente el equipo de la Universidad del País Vasco ha realizado importantes aportaciones estudiando la parte noroccidental de la Cuenca del Ebro. La Formación Mues del Oligoceno inferior de Navarra ha dado dos yacimientos con distinta icnofauna. Astibia *et al.* (1994) describe un conjunto de icnitas de artiodáctilos conservadas como epirrelieves con una morfología similar a *Entelodontipus viai* de Cataluña, pero de menor tamaño, por lo que prefiere utilizar la nomenclatura abierta. Murelaga *et al.*, (2000) cita varios epirrelieves aislados que se pueden clasificar como *Pagiolophustipus*. La presencia de este icnogénero indicaría la presencia de caballos primitivos en toda la cuenca del Ebro, durante el Oligoceno inferior.



Figura 1: Vista general, desde el oeste, del yacimiento de Fondota antes de las actuaciones de adecuación. Fotografía realizada en Marzo del 2004

HISTORIA DEL YACIMIENTO DE ICNITAS DE MAMÍFERO DE ABIEGO

La primera referencia a este yacimiento la conocimos en el año 1993 en el transcurso de la filmación de un documental por parte de Eugenio Monesma, bien conocido en nuestra comunidad autónoma por sus videos sobre el patrimonio etnológico. Durante el rodaje de un documental sobre los dinosaurios de Galve, nos comentó que existían unas huellas

fosilizadas de dinosaurios en el término municipal de Abiego (Huesca). En ese momento no se conocía ningún resto de dinosaurio en Huesca y era sorprendente que hubieran aparecido en un área en la que no afloraba el Mesozoico. Teniendo en cuenta el interés y la novedad que podía suponer, nos desplazamos a Abiego y comprobamos que efectivamente se trataba de icnitas fósiles; pero no eran de dinosaurios sino de mamíferos. La información obtenida en esta breve visita, más las fotografías que nos envió el guarda forestal de Adahuesca, muy interesado en realizar un campo de trabajo para el estudio y conservación de estas icnitas, fue la base de la información con la que elaboramos la entrada a la Carta Paleontológica.



Figura 2: Vista general, desde el oeste del yacimiento de Fondota, durante las actuaciones de adecuación. Fotografía realizada en Diciembre del 2004. En comparación con la fotografía anterior se observa que se ha retirado la vegetación, se ha descubierto más la superficie del estrato con icnitas y se ha construido un muro de protección para el desvío de las aguas de lluvia

Las icnitas de mamífero de Abiego son bien conocidas por los vecinos de la localidad debido a la buena conservación que presentan y la cercanía morfológica con las de las pisadas de mamíferos domésticos actuales. De hecho la primera vez que lo visitamos, uno de los habitantes nos explicó que eran las huellas de las ovejas subiendo por la roca. Su observación iba bien encaminada, ya que las relacionaba con artiodáctilos actuales.

La única referencia escrita sobre las icnitas de Abiego que conocemos es la de Adell *et al* (2003) en su guía turística del Alto Aragón que citan "huellas fósiles de cérvidos, de hace 25 millones de años" en Abiego, concretamente "cerca de la fuente de Fondota" (25 millones

de años es Oligoceno superior). También hemos encontrado una fotografía del yacimiento en Biarge *et al* (2001). Se cita como "Abiego: huellas fósiles sobre un estrato de areniscas. En el caso de las huellas lo que se ha producido es la formación de un molde que posteriormente ha sido exhumado por erosión del estrato superior".

En Noviembre del 2004, la Dirección General de Patrimonio Cultural por medio del técnico José Antonio Andrés nos solicitó la realización de un estudio de estas icnitas. Se había aprobado una actuación sobre el yacimiento que incluía la adecuación del entorno del yacimiento y la realización de paneles explicativos. Sin embargo hasta este momento no se había realizado ningún estudio científico, por lo que se carecía de un mapa de las icnitas, una interpretación de los productores de los rastros y una edad aproximada del yacimiento. A finales de Noviembre y en Diciembre se realizaron esta actuación y se visitaron otros afloramientos del Eoceno-Oligoceno del Prepirineo con el fin de hacer un estudio geológico que permitiera precisar la posición estratigráfica, bioestratigráfica y cronestratigráfica.

Durante los meses de diciembre y enero (2004-2005) se realizaron las obras de adecuación del yacimiento, lo que ha supuesto la retirada de sedimento con pala excavadora, permitiendo que el afloramiento se ampliara y se sacaran a la luz unas treinta icnitas más, que tuvieron que ser cartografiadas y situadas en el mapa del yacimiento en enero de 2005. Estas nuevas icnitas han permitido aumentar la longitud de algunos de los rastros. En esta actuación se ha retirado la vegetación que había tanto en la base del estrato fosilífero, como en el estrato mismo (ver fotografías). La superficie del estrato se limpió con cepillos metálicos. También se ha construido un pequeño muro en la parte superior del estrato, lo que sirve para el desvío de las aguas de lluvia procedentes de la ladera. Las fracturas más evidentes y grandes se han cerrado con cemento, así como el borde superior del estrato. Por último se ha allanado la parte en contacto con el estrato y se ha mejorado el drenaje. También se han colocado vallas de madera y tres carteles explicativos sobre la formación e interpretación de las icnitas.

METODOLOGÍA DEL MAPEO DE LAS ICNITAS DE ABIEGO

Para realizar el plano topográfico del yacimiento de Abiego se ha contratado a la empresa Paleomas, especializada en este trabajo, al tener amplia experiencia en los yacimientos de icnitas de dinosaurios de las Tierras Altas de Soria. La metodología del mapeo de las icnitas presenta diferentes fases que vamos a describir brevemente:

Definición en el contorno de las icnitas

En primer lugar se ha diferenciado cada icnita individual y se ha procedido a dibujar el contorno con tiza. Es uno de los procesos más importantes de esta fase, ya que es en él donde se define la forma conservada de la icnita y en algunos casos es cuando puede haber un mayor grado de subjetividad. Por esta razón es necesario explicar los criterios utilizados en la definición de la forma de la huella, ya que estos contornos permanecerán sin alterar durante el resto del proceso. Hemos utilizado el margen de la icnita, al punto de inflexión entre el estrato (lo que en el tiempo de la producción de la icnita constituiría la superficie de barro) y la pisada.



Figura 3: Vista general de los trabajos de mapeo de las icnitas. Se observa el contorno dibujado con tiza de las icnitas de un rastro. La diferencia de color de la roca es consecuencia de la excavación del yacimiento en las labores de adecuación. La parte más clara es la que ha salido a la superficie tras la retirada de sedimento por parte de la excavadora.

Topografía con la estación total

Para situar las icnitas en un plano se ha utilizado el método topográfico con la estación total. Tras situar el aparato topográfico, en un punto de coordenadas hipotéticas y tomar las coordenadas de otros puntos de situación conocida (que nos permitan corregir posibles errores), se procede a tomar las coordenadas de los puntos asociados a las icnitas. Para ello se sitúan junto a cada icnita, o grupo de icnitas, previamente numeradas con un número correlativo (carente de cualquier significado a nivel científico o de inventario), los tres puntos que se van a topografiar y posteriormente se realiza una fotografía estrictamente perpendicular al estrato.

Fotografía de las icnitas

Antes de preparar los instrumentos implicados en el proceso de fotografía es necesario conocer la dirección y el buzamiento del mismo, ya que en paleontología debemos reconstruir las pisadas con respecto a la superficie original en las que se produjeron y no con respecto a la superficie actual, la cual ha sufrido deformaciones e inclinaciones debido a la Orogenia Alpina. Por ello el plano focal debe situarse paralelamente a la superficie de la icnita y para ello debemos colocar la cámara en la posición adecuada. En esta actuación se ha utilizado una técnica novedosa, consistente en la aplicación de un trípode (para sujetar la cámara en la posición deseada) y una brújula, para asegurarnos de que trabajábamos en la dirección (línea que constituye la intersección del plano del estrato con el plano horizontal) adecuada, a una vara de Jacobs (instrumento empleado en estratigrafía para medir el espesor o potencia de los estratos inclinados a través de un sistema de niveles).

Vectorización de las icnitas y procesado de los datos

Los datos de ubicación son descargados, procesados en el ordenador y colocados en el plano, el cual se realiza con una aplicación de dibujo vectorial. Posteriormente y tras cada grupo de tres o más puntos se coloca la fotografía en la que, junto a las icnitas correspondientes, aparecen dichos puntos en la misma posición que los puntos vectorizados. Finalmente, se dibujan las icnitas que aparecen en la foto (las cuales ya quedan perfectamente ubicadas en el plano) y se borran o "esconden" los puntos de ubicación.

Definición de los rastros y acabado del plano

Antes de terminar el plano, es necesario conocer que huellas fueron realizadas por un mismo organismo, en el mismo momento y como consecuencia de un desplazamiento, es

decir, aquellas que forman un rastro. En ocasiones las icnitas pertenecen a un tipo de huellas ya estudiadas por autores anteriores, con lo que es relativamente sencillo reconocer cuales son las producidas por los miembros anteriores y posteriores, del lado izquierdo o derecho e incluso las distancias y ángulo más comunes que forman sus rastros. Pero este no ha sido el caso de las icnitas topografiadas en este trabajo, ya que la gran mayoría pertenecen a icnotaxones nuevos o poco estudiados, lo que ha dificultado reconocer los rastros, y en algún no se ha podido por la superposición de varios individuos. Una vez definidos los rastros, esta información se plasma en los planos y se trasladan los datos pertinentes a los ¿cajetines?

GEOLOGÍA Y DATACIÓN DEL YACIMIENTO DE FONDOTA

Uno de los problemas a resolver en el desarrollo de este estudio era conocer la posición estratigráfica y la cronología más o menos precisa de este yacimiento. Hay que tener en cuenta que no están publicados los mapas geológicos del plan Magna a escala 1.50.000, y las cartografías geológicas de esta parte de la Cuenca del Ebro son demasiados generales para precisar la posición estratigráfica.

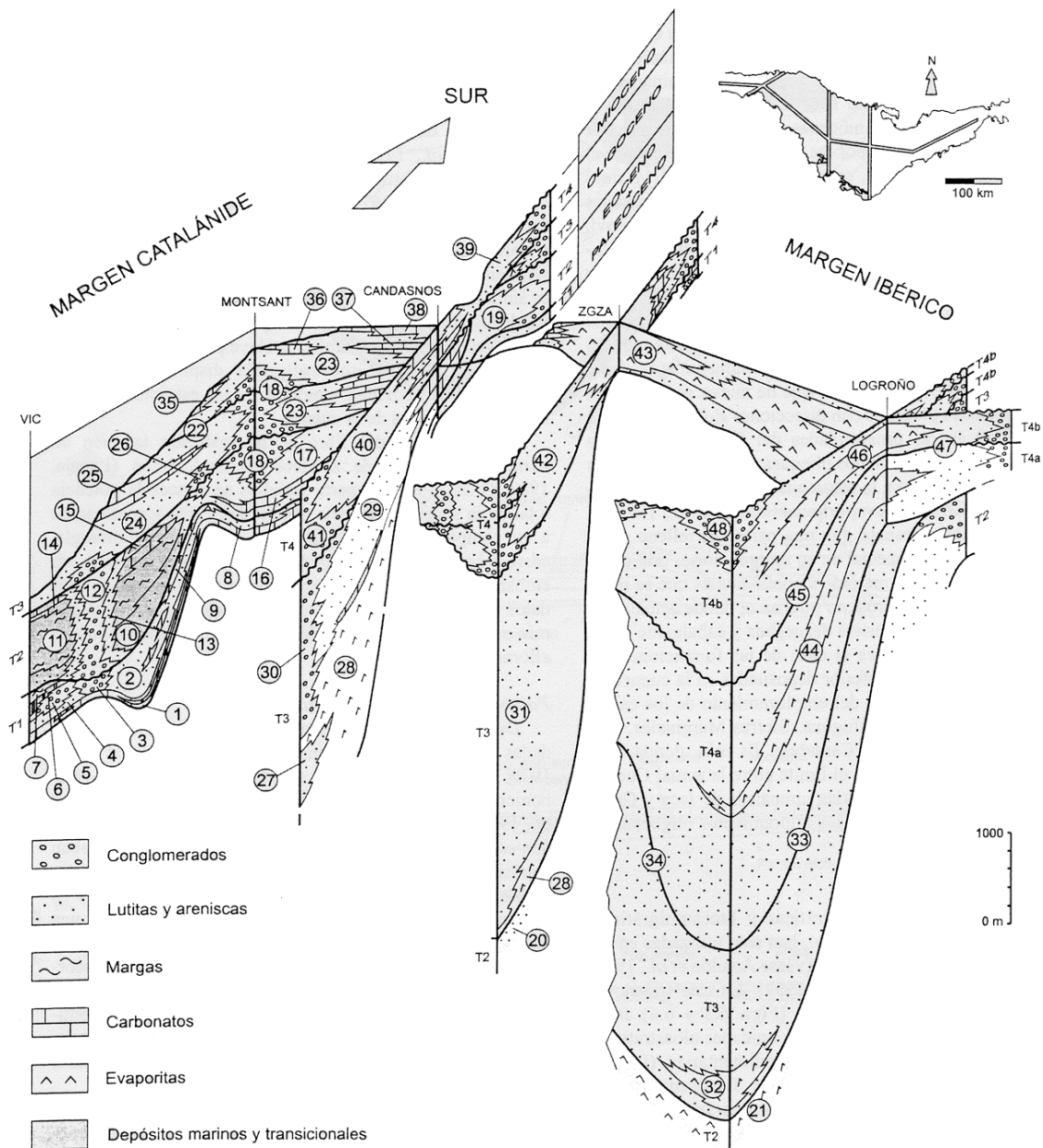
Los materiales terciarios continentales de la Cuenca del Ebro tienen problemas de datación, debido a la escasez de yacimientos de vertebrados en las facies más detríticas, y la falta de resolución de otros microfósiles como son los carofitas y los ostrácodos de esta edad. En muchos casos las dataciones se realizan con correlaciones estratigráficas obtenidas a partir de las unidades tectosedimentarias que tienen un gran interés a nivel de cuenca pequeña, pero su interés como elemento de datación es más relativa en grandes cuencas donde la tectónica no ha actuado de manera uniforme en toda la cuenca. Por estas razones la dataciones sobre estos materiales terciarios de la cuenca de Ebro esta siempre sujeto a mejoras y a cambios conforme se puedan encontrar nuevos yacimientos.

Un ejemplo en la dificultad en conocer la datación precisa la encontramos en el yacimiento de Fondota. Carecemos de elementos directos que nos permitan datarlo, ya que no hay otros fósiles, a excepción de las icnitas. Se ha realizado una prospección del área y se han tomado muestras para micromamíferos en varios niveles grises. La experiencia indica que son los fósiles más adecuados de datación en medios continentales del terciario. Sin embargo, las muestras han resultado estériles.

Se ha seguido en el campo los niveles donde se encuentran las icnitas de Fondota. Aparentemente están en continuidad con unos niveles carbonatados situados estratigráficamente por debajo de la típica facies de la Formación Peraltilla. Esta formación es bien conocida en esta parte del Ebro por las espectaculares morfologías que resultan de la erosión en las areniscas. Precisamente en los alrededores de Peraltilla hay magníficos ejemplos de erosión diferencial esférica típica de granitos y que se da de manera similar en las arenas de esta formación. Por debajo de estos niveles detríticos plegados que se observan en Peraltilla aflora en dirección al este un pequeño paquete más carbonatado que es el denominado informalmente denominadas. "Calizas de Peraltilla". Aunque no hay continuidad cartográfica entre los afloramientos en su área tipo y los de Abiego, pero dado su misma posición estratigráfica relativa las icnitas de Fondota consideramos que están situadas en las "Calizas de Peraltilla".

Esta hipótesis ha sido contrastada con la opinión de la Doctora Luzón del Área de Estratigrafía de la Universidad de Zaragoza y está plenamente de acuerdo que las icnitas podrían estar en las "Calizas de Peraltilla". Esta investigadora realizó su tesis doctoral sobre estos materiales, por lo que se puede considerar la persona más cualificada. En Fondota afloran varios niveles de areniscas calcáreas de color gris con intercalaciones de limos grises y con abundantes granos de moscovita. Estas facies son muy similares a las que se encuentran en Peraltilla. Unos 50 metros por encima de esta facies se presentan la facies de areniscas pardas típicas de la mayor parte de la Formación Peraltilla.

Durante el intervalo Eoceno terminal - Mioceno basal se depositaron dos unidades tectonosedimentarias en esta parte de la cuenca del Ebro (Pardo *et al.*, 2004): T2 y T3, La Formación Peraltilla y sus equivalentes laterales se sitúan en el base de la T3 (Figura 4). La Unidad T3 se considera como de edad Priaboniense superior-Rupeliense (Eoceno terminal-Oligoceno inferior) teniendo en cuenta las dataciones de micromamíferos realizadas sobre todo en el centro de la cuenca, aunque una sola se ha realizado en el entorno del yacimiento (Alvarez-Sierra *et al.*, 1990). Respecto a esta edad el estudio de las icnitas es muy coherente, con todos los inconvenientes dados por la escasez paleoicnológica europea en esta edad. En efecto, como luego veremos en Fondota hay representados icnitas citadas exclusivamente en el Eoceno superior y otras en la base del Oligoceno. En Fondota se encuentran en el mismo yacimiento, lo que hace pensar que estamos muy cerca de límite entre el Eoceno y el Oligoceno



Panel de correlación del Paleógeno de la Cuenca del Ebro. *Unidades litoestratigráficas dentro de cada unidad tectosedimentaria:* Unidad T1: 1, Fms. Mediona y Orpi; 2, Areniscas de La Pobra de Claramunt; 3, Brecha de Cairat; 4, Fm Vilanova de Sau; 5, Conglomerados de Romagats; 6, Fm Tavertet; 7, Margas de Banyoles-Coll de Maya; 8, Complejo de Ulldemolins; 9, Yesos de Valldeperes. Unidad T2: 10, Fm Collbàs; 11, Margas de Igualada y Oliana; 12, Conglomerados de Montserrat y Sant Llorenç de Munt; 13, Fm La Salut, Facies de Vacarisses y Sant Llorenç Savall; 14, Fm Tossa; 15 Fms Cardona y Odena, 16, Fm La Morera del Montsant; 17, Fm Montblanc; 18, Conglomerados de Montserrat; 19, Unidad de areniscas y lutitas de Puigmoreno; 20, Fm Belsué; 21, Evaporitas de Pamplona. Unidad T3: 22, Fm Blancafort; 23, Fms Flix y Margalef; 24, Fm Artés; 25, Fms Calaf y Sarra; 26, Conglomerados de Sant Miquel del Montclar; 27, Lutitas y areniscas del Salinar; 28, Yesos de Barbastro; 29, Fm Peraltilla (y Solsona al E); 30, Conglomerados de Peralta y Calasanz; 31, Fm Campodarbe; 32, Yesos de Puente La Reina; 33, Fm Mués; 34, Fm Sangüesa. Unidad T4: 35, Fm Tàrrega; 36, Fm La Fatarella; 37, Fm Mequinenza; 38, Fm Torrente de Cinca; 39, Fm Caspe; 40, Fm Sariñena; 41, Conglomerados de Santa Cilia; 42, Fm Uncastillo; 43, Yesos de Zaragoza; 44, Yesos de Falces = Tafalla; 45, Fm Ujué; 46, Yesos de Lerin; 47, Fm Nájera; 48, Conglomerados del Perdón.

Figura 4: Panel de correlación del Paleógeno de la Cuenca del Ebro (Pardo *et al.*, 2004). En la base de la Formación Peraltilla (29), se encuentra un nivel carbonatado que es precisamente donde se sitúa el yacimiento de icnitas de Fondota. Según las interpretaciones actuales sería la base de T3 datado como tránsito entre el Eoceno y el Oligoceno.

En cuanto a la interpretación paleogeográfica del yacimiento hay que tener en cuenta que hacia el final del Eoceno se produjo la definitiva retirada del mar de la Cuenca del Ebro con el depósito de importantes depósitos de evaporitas. Sin embargo el área continental continúa con el mismo esquema paleogeográfico del Eoceno superior. La red fluvial principal sigue distribuyendo materiales hacia el ONO por medio de ríos meandriformes de una cierta importancia (Puigdefábregas, 1975). En el entorno de Fondota se instauró unas facies lacustres o fluvio-lacustres que dado el poco desarrollo de las facies carbonatadas debieron tener una escasa importancia, y posiblemente habría que considerar como lagos someros y efímeros, e incluso como meras áreas encharcadas esporádicamente.



Figura 5: Reconstrucción paleoambiental del entorno de las icnitas de Abiego. En primer lugar se observa una pequeña área encharcada que es donde se formaron las icnitas. El paisaje muestra una zona plana y al fondo los relieves del Prepirineo en proceso de construcción y erosión. Dibujo realizado por Javier Rubio de Paleoymas, bajo la supervisión científica del firmante de este informe.

En el tránsito Oligoceno-Eoceno se produce un importante deterioro del paisaje, las facies tropicales con primates que dominaban el Eoceno superior en toda Europa (incluido el norte de la provincia de Huesca) son sustituidas por organismos más fríos y de medios abiertos. Los bosques desaparecen para dar lugar a grandes praderas donde árboles como gimnospermas dominarían el paisaje. La actividad de la orogenia alpina ya estaba en funcionamiento, lo que provoca que el Pirineo comience a tener alturas relativamente importantes produciéndose por tanto un gradiente topográfico reseñable y el comienzo del funcionamiento de grandes ríos, aunque siempre en contexto relativamente árido.

El yacimiento de Fondota se formaría en un zona encharcada visitada por los vertebrados terrestres que vivían en la gran pradera que hoy es el valle del Ebro. Dado que el sedimento es una arenisca calcárea, posiblemente esta área encharcada estuviera ligada aunque fuera de manera efímera a algunos de los cursos fluviales que surcaban la planicie. La ausencia de plantas lacustres viene a reforzar la idea que no era zona con agua constante, ya que este medio lacustre es rápidamente colonizado por angiospermas de orilla. En el yacimiento de Fondota hay marcas de grietas de desecación que indica que el área encharcada quedo completamente seca y agrietada, siendo este endurecimiento del sedimento uno de los factores que favorecieron su preservación en el registro fósil. En la figura 5 se ha hecho una reconstrucción del yacimiento a partir de las observaciones geológicas y paleogeográficas



Figura 6: Rastros paralelos de las icnitas de tipo 2, donde se observa la profundidad y la variación en la forma de las icnitas como consecuencia de una producción en un sedimento empapado en agua y posiblemente bajo lámina de agua.

DESCRIPCIÓN DE LAS ICNITAS

Las icnitas de Abiego se encuentran en un estrato de arenisca calcárea gris conservadas como hiporrelieves convexos. El tamaño de grano es fino. La arenisca presenta grietas de desecación en la superficie donde se encuentran las icnitas de poca profundidad, debido

posiblemente a la naturaleza detrítica del sedimento. La arenisca es masiva, y no se observó ningún tipo de laminación. También carece de perforaciones de raíces e icnitas de aves, tan abundantes en otros niveles del tránsito Oligoceno-Eoceno.

La conservación de las icnitas es generalmente buena, pero en la mayoría de los casos, la caída de barro ha deformado la huella original, por lo que en pocos ejemplares se observa la morfología del autópedo que ha formado la huella. Hay gran diferencia de conservación de las icnitas, desde las que están ligeramente marcadas (Tipo1), hasta las que están profundamente hundidas y las que tienen un ancho borde de barro. Esto parece indicar que la formación se realizó en diferentes etapas. La mayoría del tipo 1 se produjo en sedimento empapado en agua y posiblemente bajo lámina de agua, ya que el comportamiento del fango es muy líquido llegando a tapar por completo la pisada.

La mayoría de las icnitas del tipo 2 se dan en unas condiciones en las cuales hay una menor cantidad de agua en el sedimento cuando se formaron, algunas de ellas están perfectamente conservadas y tienen unos rebordes de barro bien marcados. Esto se puede interpretar como efectuadas en un sedimento con mucha humedad, pero sin lámina de agua. Además estos rebordes de barro presentan grietas radiales formadas por exposición subaérea. Por tanto estas icnitas se formaron cuando el barro está en proceso de secado, y posiblemente esta rápida pérdida de agua con el endurecimiento del sedimento es una de las razones de la conservación de las pisadas como icnitas.

Las icnitas del tipo 3 están muy poco hundidas y carecen de rebordes de barro. Esto lo interpretamos como formadas en un sedimento que prácticamente estaba seco. La secuencia de las icnitas parece indicar que se formaron a lo largo de un periodo de tiempo, quizás varias semanas en el que sucedieron una zona fangosa con una pequeña lámina de agua. Dado que no es un área lacustre permanente el agua fue evaporándose hasta desaparecer por completo. Mientras el sedimento estuvo empapado, los vertebrados siguieron moviéndose por esta área. Finalmente el área se desecó por completo formándose grietas de desecación, típicas del ambiente árido donde se encontraba esta pequeña área encharcada donde se formaron las pisadas.

Como se ha explicado la complejidad en la formación del yacimiento, resultado de un proceso multiepisódico dificulta reconocer en algunos casos las icnitas y sobre diferenciar los rastros. Durante el proceso de elaboración de este trabajo se produjo la excavación de una nueva área en el yacimiento con la exhumación de nuevas icnitas. Finalmente hemos identificado 1102 icnitas, pero en muchos casos son aisladas o poco marcadas (ver anexo).

Sin embargo este mapa con todas las icnitas es difícil de interpretar por la gran cantidad de icnitas presentes. Por esta razón hemos separado 205 icnitas de los tipos 2 y 3 (que a continuación describimos) distribuidos en 31 rastros (ver anexos). De esta manera tenemos una mejor imagen del patrón de distribución de las icnitas larguen la superficie del yacimiento. Las icnitas presentes las hemos diferenciado en tres tipos morfológicos distintos:



Figura 7: Rastro de icnita del tipo 3 con un reborde de barro, amplio y bien marcado, que a su vez está agrietada, prueba de exposición subaérea. En este rastro se observa dos pares pie-mano.

Tipo 1: Son muy escasas y están poco marcadas en la roca. Sólo se han reconocido en la parte oeste del yacimiento Se observan de manera esporádica como icnitas aisladas, aunque en un caso se ha podido identificar un posible rastro. Son icnitas producidas por animales con autópodos de dos pezuñas contiguas, pudiendo tener más, pero no han quedado evidencias en la icnita. Su contorno es ovalado-piriforme, con la impresión de dos uñas en la parte anterior, y una sección más circular en la posterior. La longitud oscila entre los 4 y los 5 cm y máxima anchura en la parte medio-posterior. Las impresiones de las dos pezuñas están bien diferenciadas, son paralelas entre si y tienen un tamaño similar entre las dos. No se han observado impresiones de los dedos II o del V. La impresión de los pies y de las manos tiene un tamaño similar y en ningún caso se superponen.



Figura 8: Icnita aislada identificada como de tipo 1, marcada con tiza para que pueda ser correctamente estudiada. Estas icnitas están poco impresas en el sedimento y presentan claramente los dos dedos separados.

Tipo 2: Son las más abundantes en el yacimiento, aunque presentan una gran variedad morfológica, debido a la deformación por caída de barro. En la Figura 9 se observan dos icnitas de este tipo, la de la derecha presenta una morfología que refleja bien la del autópodo que la formó, sin embargo en la de la izquierda la morfología cambia. Estos cambios son una disminución de tamaño, pérdida de la marca de los dedos y contorno rectangular. Las icnitas son más largas que anchas con la marca de dos dedos con final agudo, marca de los cascos o falanges ungueales. Cuando la icnita está bien conservada tiene una forma general ovalada, presentando la parte más ancha en la parte media de la icnita. La morfología de esta icnita es claramente la de un artiodáctilo, sin embargo la ausencia de separación de los dedos indica que existía una zona posiblemente carnosa que unía los dedos. La forma ovalada nos está indicando un pie muy ensanchado, típico de organismos adaptados a andar en terrenos blandos y arenosos (como los camellos) o pantanosos (como los renos). La impresión de las manos es morfológicamente similar, aunque de menor tamaño. Las icnitas del tipo 2 suelen variar entre 12 y 18 cms de longitud. La anchura suele ser menor de 10 cms. Pero hay que insistir que las medidas están muy alteradas por la caída de barro y hay que tomarlas como indicativas, más que como definitivas del tamaño del autópodo del productor.



Figura 9: Icnitas identificada como de tipo 2. Estas icnitas suelen ser muy profundas, por lo que parecen estar muy distorsionadas por la caída de barro en el interior de la depresión. A pesar de esto suele observarse en todos los casos la impresión de dos dedos.

Los rastros son estrechos y alineados, siendo difícil diferenciar la impresión de pie y de la mano. Aparentemente son de un vertebrado que se desplaza moviendo pie y mano del mismo lado a la vez. Este desplazamiento da un patrón de icnitas sinuoso que parece seguir el productor de estas icnitas. En la actualidad presentan un patrón similar los camélidos. Hay rastros del tipo 2 alineados, sobre todo en la parte central del yacimiento, lo que nos indica un comportamiento gregario del productor. Estos rastros tienen una dirección prácticamente norte-sur. También hay algún rastro aislado de dirección este-oeste, especialmente el más largo del yacimiento, con más de 12 icnitas alineadas (ver anexos).

Tipo 3

Son relativamente abundantes en el yacimiento, especialmente en el extremo oeste del yacimiento, donde se encuentran varios rastros alineados, prueba como en las de tipo 2 de

un comportamiento gregario. En la Figura 10 se observa una icnita de tipo del tipo 2 (izquierda), y otra del tipo 3 (derecha). La del tipo 3 es morfológicamente similar a la del tipo 2, pero se diferencia sobre todo en las proporciones entre la longitud y la anchura, ya que las de tipo 3 son mucho más anchas, de manera que la icnita es subcircular. Hay algunos buenos ejemplos de conservación, por lo que se ha podido observar bien su morfología. El contorno es subcircular o subovalado, siendo prácticamente igual de ancha que de larga (entre 15 y 20 cms). Presenta la marca de los dedos 3 y 4 en forma de uña subtriangular y mas grande que las del tipo 1. La morfología de esta icnita es claramente la de un artiodáctilo, sin embargo la ausencia de separación de los dedos indica que existía una zona posiblemente carnosa que unía los dedos. La forma redondeada nos esta indicando un pie muy ensanchado, típico de organismos adaptados a andar en terrenos blandos y arenosos (como los camellos) o pantanosos (como los renos). La impresión de las manos es morfológicamente similar, aunque de menor tamaño.



Figura 10: Icnitas identificada como de tipo 2 (izquierda) y de tipo 3 (derecha). En esta fotografía se observa la principal diferencia observada entre esos dos morfotipos que es la relación entre la anchura y la longitud

Los rastros son anchos, siendo difícil diferenciar la impresión de pie y de la mano. Aparentemente son de un vertebrado que se desplaza moviendo pie y mano del mismo lado a la vez. Este desplazamiento da un patrón de icnitas sinuoso que parece seguir el productor de estas icnitas. En la actualidad presentan un patrón similar los camélidos. Por tanto las icnitas de tipo 2 y 3 son muy similares y parecen estar realizadas por artiodáctilos cercanos morfológicamente, podrían ser incluso de la misma especie y ser consecuencia del dimorfismo sexual. Sin embargo la morfología de estos dos tipos es diferente en todos los rastros, no dándose en ningún caso el paso de una de tipo 2 a otra de tipo 3 (ni viceversa) en el mismo rastro.

SISTEMÁTICA DE LAS ICNITAS DE ABIEGO

La escasez de literatura sobre icnitas de mamíferos en el Paleógeno dificulta enormemente poder hacer una atribución precisa sobre los productores de las mismas. La presencia de dos dedos en los tres tipos de icnitas diferenciados sitúa a sus productores en los mamíferos artiodáctilos. A este orden pertenecen los que tienen un número par de dedos (2 o 4). Son todas formas fitófagas y entre ellas se actualmente los suidos (cerdos y jachalíes), ciervos, ovejas, vacas y camellos

Tipo 1 (*Entolontipus cf. viai*):

Las icnitas del pequeño artiodáctilo que hemos denominado como tipo 1 son similares morfológicamente a las de la icnoespecie *Entelodontipus viai*, propuesta por Casanovas y Santafé (1982), en una muestra depositada en el Museo "Miquel Crusafont" de Sabadell. Esta muestra proviene del Oligoceno medio de Agramunt (Lleida, Cataluña). Estos autores relacionan esta icnita con artiodáctilos entelodóntidos (Entelodontidae). Estos mamíferos suiiformes fueron abundantes en el Oligoceno superior europeo y migraron a nuestras latitudes provenientes de Asia, junto a otros emigrantes, en el proceso de cambio faunístico del límite Eoceno-Oligoceno denominado "La Grande Coupure".

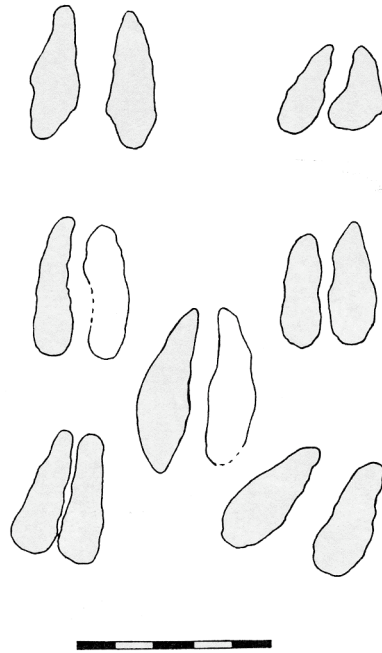


Figura 11: Contorno de icnitas identificadas como *Entelodontipus* cf *viai* del Oligoceno inferior de Olcoz, Navarra (Astibia *et al.*, 1994)

El género *Entolodon* esta representado en varias localidades europeas (Brunet, 1975), incluyendo la península ibérica, relativamente cerca de las huellas de Abiego. Se ha citado en el yacimiento Sannoniense de Rocallaura (Golpe, 1971). Las icnitas de Agramunt parecen estar relacionadas con las especies de gran talla como *E. deguihelmi* del Oligoceno medio-inferior. Las icnitas de Abiego son muy parecidas a las de menor tamaño que cita Astibia *et al.*, (1994) en el Oligoceno inferior de Navarra y Braun (1954) en el Oligoceno superior de Suiza. Este autor las relaciona con Tragulidae o "Cervicornia". Sin embargo Astibia *et al.*, (1994) considera que son similares a la icnoespecie *Entelodontipus viai* pero de menor tamaño lo que las relacionaría con especies más pequeñas como *Entolodon major* o *Entolodon magnun*, por lo que estos autores prefieren atribuirles a *Entelodontipus* cf. *viai*, sin descartar que puedan pertenecer a un nuevo taxón. Las icnitas de Abiego son similares morfológica y biométricamente a las del Oligoceno inferior, por esta razón las hemos clasificado como *Entelodontipus* cf. *viai* siguiendo a Astibia *et al.* (1994).

Tipo 2 (*Anoplotheriipus* cf. *lavocati*):

Las icnitas de este gran artiodáctilo se caracterizan por presentar los dos dedos unidos. En la literatura del Oligoceno europeo no se ha citado ninguna icnita de mamífero con esta morfología. Sin embargo en materiales más antiguos, del Eoceno superior hay un

icnogénero morfológicamente similar. Ellenberger (1980) estudia un yacimiento de Garrigues-Ste-Eulalie en Francia con una rica y diversa icnofauna. Una de las formas más abundantes son icnitas de artiodáctilos con los dedos unidos que incluye en su nuevo género *Anoplotherriipus*.

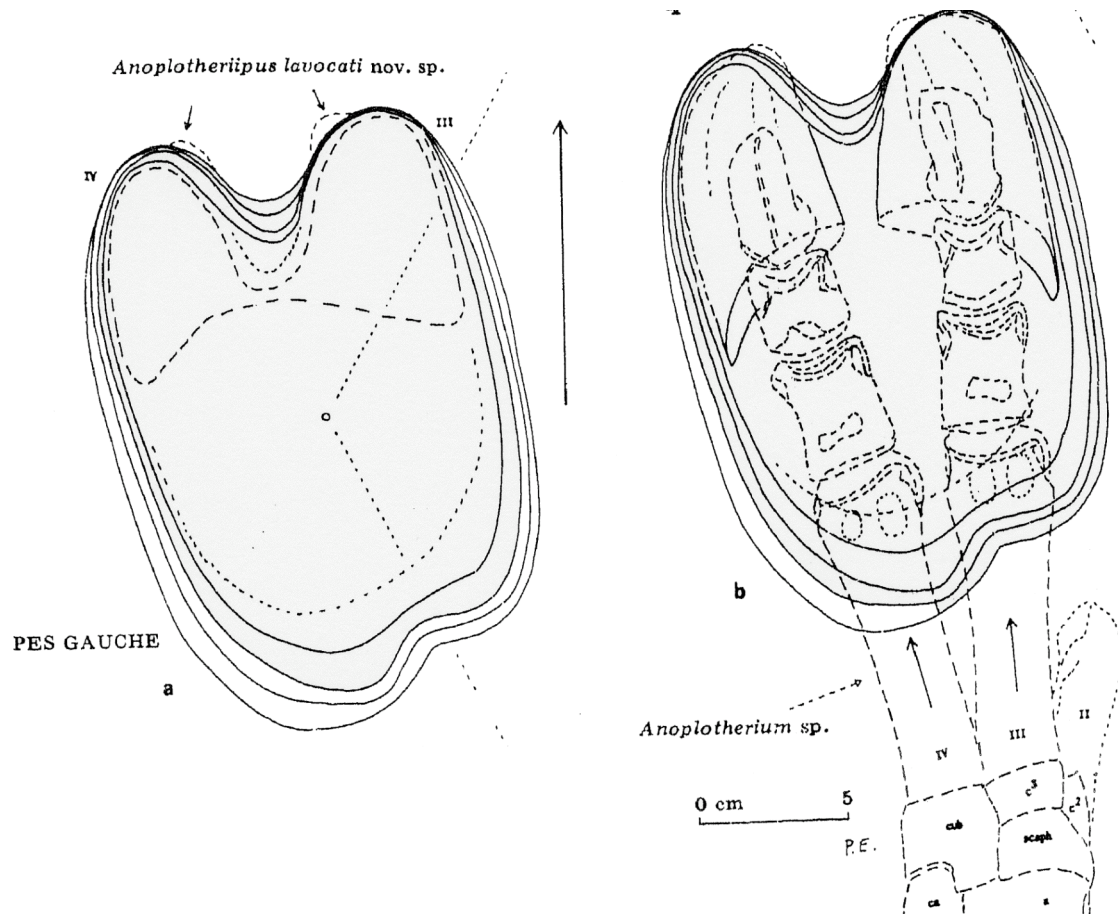


Figura 12 a: holotipo de *Anoplotherriipus lavocati*. b: comparación de *Anoplotherriipus lavocati* con el autópedo de *Anoplotherium*. De Ellenberger (1980)

En la Figura 12 se observa como morfológica y biométrica este icnogénero es muy parecido a las icnitas del tipo 2 de Abiego. Describe varias icnoespecies en función de las relaciones de la anchura - longitud de las icnitas. Uno de los taxones es *Anoplotherriipus lavocati* cuya proporciones son muy parecidas a las del tipo 2. Sin embargo presenta diferencias ya que *Anoplotherriipus lavocati* es más corta y presenta un contorno más subrectangular. Además la parte posterior no es simétrica, carácter no observado en Abiego. El contorno de los dedos es menos afilado, pero esto podría ser un artefacto de conservación (caída de barro) en el material de Abiego. A falta de un estudio más profundo, se ha preferido utilizar la nomenclatura abierta *Anoplotherriipus cf. lavocati*, sin descartar que pueda pertenecer a una nueva icnoespecie.



Figura 13. Reconstrucción del autópodo que ha formado las icnitas de Fondota identificadas como *Anoplotheriipus compactus*. Esta reconstrucción se ha realizado a partir de la información obtenida en el yacimiento de Fondota. Dibujo realizado por Javier Rubio de Paleoymas, bajo la supervisión científica del firmante de este informe.

En el tránsito Eoceno-Oligoceno europeo hay pocos candidatos para producir unas icnitas artiodáctilas de un tamaño tan excepcional. Según ElleMBERGER (1980) su morfología es coherente con el de un taxón bien conocido en la cuenca de Paris: *Anoplotherium*. Sus argumentos se basan en la similitud morfológica y biométrica con *Anoplotherium commune*. Dada la ausencia de datos en la cuenca del Ebro que pongan en duda esta observación, asumimos que *Anoplotherium* o un taxon cercano es el productor de *Anoplotheriipus* de Abiego.

Esto nos plantea algún pequeño problema con la edad del yacimiento. El icnogénero *Anoplotheriipus* únicamente se ha citado en el Eoceno superior, y *Entelodontipus*

únicamente en el Oligoceno inferior. Esto podría indicar que el yacimiento es del final del Eoceno y la entrada de *Entolodon* en la Península Ibérica es algo antes de la "Grand Coupure". Un argumento a favor es que *Entolodontipus* de Abiego es de pequeño tamaño, argumento esgrimido por Astibia *et al.*, (1994) para situar el yacimiento de Olcoz en la base del Oligoceno. Futuros trabajos nos permitirán precisar más la posición estratigráfica y por el momento preferimos considerarlo como tránsito entre el Eoceno y el Oligoceno.

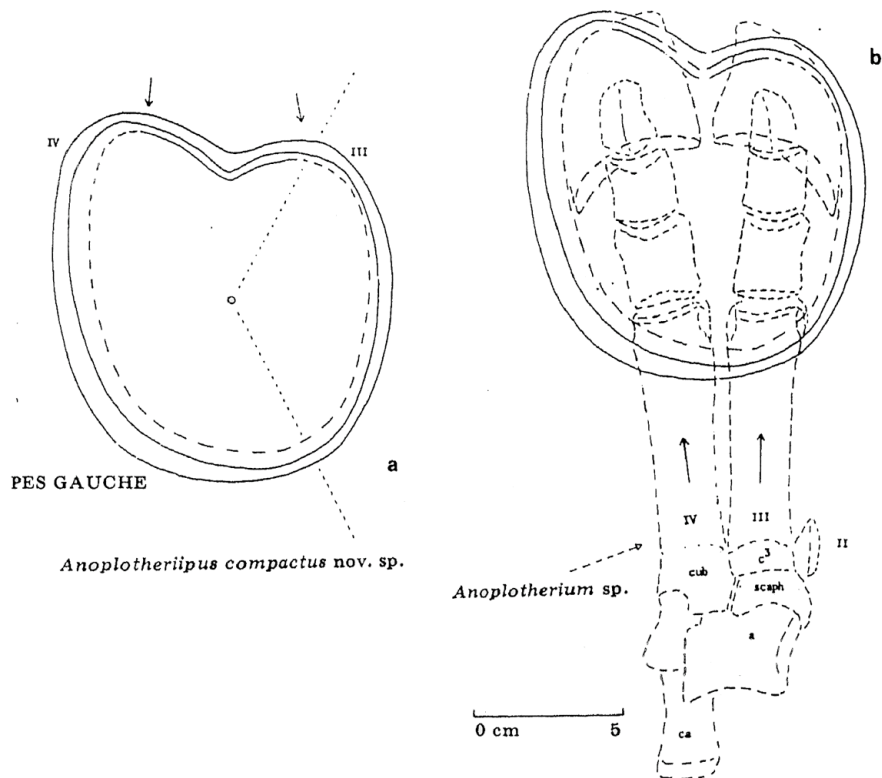


Figura 14: a: holotipo de *Anoplotheriipus compactus*. b: comparación de *Anoplotheriipus compactus* con el autópedo de *Anoplotherium*. De ElleMBERGER (1980)

Tipo 3 (*Anoplotheriipus compactus*)

El tercer tipo de icnitas presente en Abiego son muy parecidas al tipo 2, por lo que las hemos incluido igualmente en el género *Anoplotheriipus*. Morfológica y biométrica son indistinguibles de *Anoplotheriipus compactus* también descrito por ElleMBERGER (1980) en Garrigues-Ste-Eulalie. En este caso presenta un dedo IV algo más desarrollado que el III y la parte posterior de la icnitas es simétrica como la de Abiego, por esta razón hemos considerado que es el mismo icnotaxón. La discusión anterior sobre el género *Anoplotheriipus* es válida para estas icnitas, por lo que no se va a repetir.

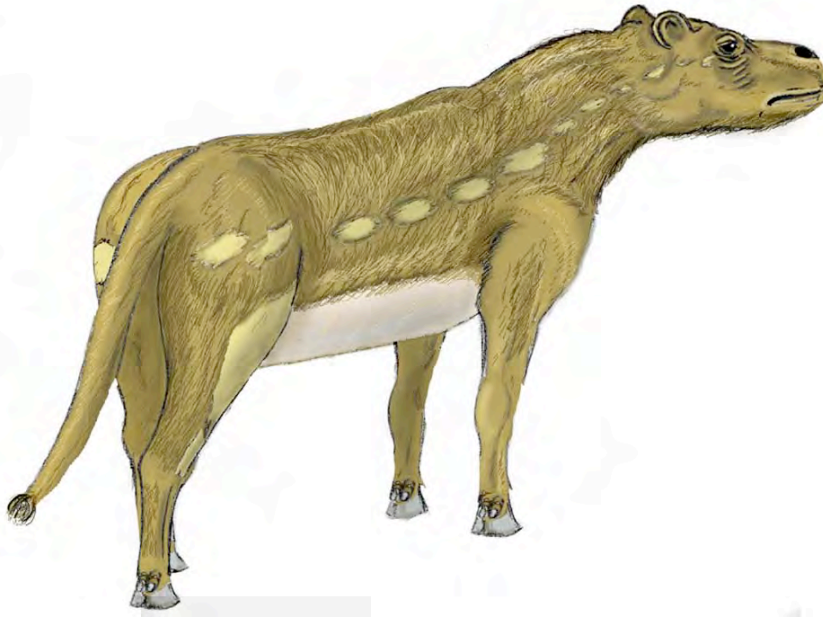


Figura 15: Reconstrucción de *Anoplotherium*, un artiodáctilo primitivo sin representantes actuales, que posiblemente es el productor de las icnitas de Abiego identificadas como *Anoplotherichnus*. Dibujo realizado por Javier Rubio de Paleoymas, bajo la supervisión científica del firmante de este informe.

COMO ERAN LOS MAMÍFEROS QUE FORMARON LAS ICNITAS DE ABIEGO

Anoplotherium

Es una forma sin representantes actuales que morfológicamente es intermedio entre los suidos (cerdos) y los rumiantes, aunque aparentemente no tiene relación genética entre ellos. *Anoplotherium commune* era un gran mamífero didáctilo, los estudios morfofuncionales sobre su autópedo indica que sería medioportal y con un modo de vida similar al de un tapir. Este taxón es conocido desde comienzos del siglo XIX al ser uno de los mamíferos de estudio Cuvier, el padre de la paleontología de Vertebrados. La posición sistemática de este taxón ha variado y se le suele considerar como un "artiodáctilo primitivo" sin representantes actuales. Esto es cierto, y *Anoplotherium* pertenece a grupo totalmente extinguido pero con algunos parientes lejanos que viven en la actualidad.

Anoplotherium es una forma muy robusta, alejada del grupo de los Pecora donde se encuentran ciervos y ovejas, todos ellos con icnitas didáctilas separadas. Tampoco pertenecen a los Suiiformes, donde se encuentran los jachaltes y que también presentan icnitas didáctilas separadas. Para algunos autores hay un tercer grupo o más grupos, en los

que se pueden incluir camellos, etc. como organismos actuales o *Anoplotherium* como organismo fósil y que presentan las icnitas didáctilas generalmente unidas. Hoy en día no se piensa esto, pero nos indica que sería un artiodáctilo robusto.

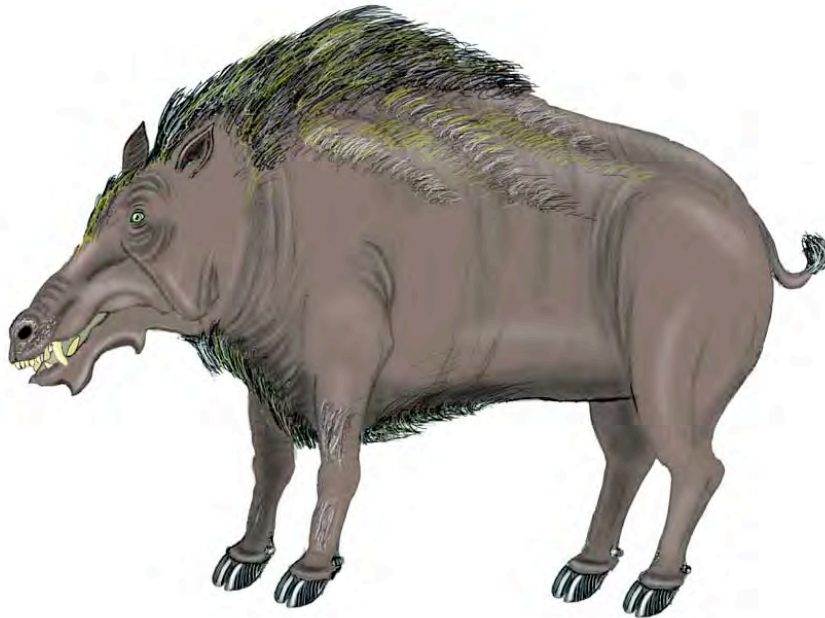


Figura 15: Reconstrucción de *Entelodon*, un artiodáctilo suido, perteneciente a un grupo cercano a los jachalíes. Posiblemente es el productor de las icnitas de Abiego identificadas como *Entelodontipus*. Dibujo realizado por Javier Rubio de Paleoymas, bajo la supervisión científica del firmante de este informe.

Entelodon

Este taxón pertenece al grupo de los cerdos, donde se incluyen a los jabalíes. Son formas que aparecen en Asia y migran en el tránsito Eoceno-Oligoceno a Europa, siendo un elemento común en las asociaciones fósiles europeas del Oligoceno. La morfología general sería parecida a la de un jabalí, pero con cráneo algo distinto, ya que presenta unas prolongaciones alares por debajo del ojo y en las mandíbulas muy particulares, lo que hace que tenga un cráneo mucho más ancho que en las formas actuales. Los primeros representantes serían de pequeño tamaño, como son los que produjeron las icnitas de Abiego, pero en a partir del Oligoceno medio alcanzan un gran tamaño para artiodáctilos.

Las extremidades del género *Entelodon* habría sufrido una reducción adaptativa teniendo dos dedos funcionales. Los metápodos III y IV serían de longitud media, anchos (Zittel, 1893). el Metacarpo II y el Metacarpo V están extraordinariamente reducidos y solamente

son funcionales el III y el IV (Brunet, 1975). En el autópodo posterior también habría dos dedos funcionales. Todo ello hace pensar que las icnitas de *Entolodon* sean didáctilas como *Entelodontipus* (Casanovas-Cladellas y Santafe-Llopis, 1982).

CONCLUSIONES SOBRE EL YACIMIENTO DE FONDOTA

Importancia:

El yacimiento de Fondota es excepcional a nivel europeo tanto desde el punto de vista patrimonial y científico. Para entender esta importancia, hay que tener en cuenta que en el Paleógeno de Europa solo hay dos yacimientos similares en Francia y un par de España. En nuestro estudio preliminar apuntamos que alguna de las icnitas representadas pertenezca a un icnotaxón nuevo, lo que podría ser el primer holotipo de icnitas de tetrápodos existente en nuestra comunidad autónoma.

Su conservación es bastante buena, pudiéndose reconocer fácilmente varios centenares de icnitas y más de 30 rastros. Su situación muy cerca del núcleo urbano de Abiego, con un sencillo desplazamiento hace que pueda ponerse en valor para las visitas turísticas. Hay que tener en cuenta que en la Hoya de Huesca no existe ningún otro yacimiento paleontológico que pueda ser visitado.

Recomendaciones:

La roca en la que están conservadas las icnitas no presentan especiales problemas de conservación, pero sería necesario algunas actuaciones que permitan una preservación del yacimiento. En mi opinión habría que realizar el sellado de las grietas presentes en el yacimiento, para evitar la fragmentación de la roca. Además en los trabajos de adecuación del yacimiento se ha excavado parte del sedimento margoso que se encontraba por encima del nivel fosilífero, exponiendo nueva roca a la intemperie. En algunos casos estas partes del yacimiento parece más frágil que el resto, por lo que sería necesario también una consolidación de esta roca.

Desde el punto de vista de difusión del patrimonio, se recomienda hacer propaganda sobre el yacimiento, ya que por su accesibilidad y su fácil comprensión lo hace muy interesante para las visitas turísticas.

Canudo, J. I. 2004. Icnitas de mamíferos en la Formación Peraltilla (Tránsito Eoceno superior – Oligoceno Inferior en Abiego (Huesca). Yacimiento de Fondota. Informe interno Dirección General de Patrimonio del Gobierno de Aragón, 27 pp.

En cuanto a la parte científica, faltaría solucionar algunos problemas que antes se han mencionado, como son la posibilidad de que sean icnoespecies nuevas, e intentar precisar más la edad, para finalmente decidirnos si es Eoceno tardío o la base del Oligoceno.

REFERENCIAS

- Adell, J. A., Agón, S., Barranco, J. C. y García, C. 2003. Huesca. *Guía turística del Alto Aragón*. Ed. Diario del Alto Aragón, Huesca, 352 pp.
- Álvarez Sierra, M. A., R. Daams, J. I. Lacombe, N. López Martínez, A. J. van der Meulen, C. Sesé y J. de Visser, 1990. Paleontology and biostratigraphy (Micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta Geologica*, 94: 1-77.
- Biarge, F., García Ruiz, J. M. y Biarge, A. 2001. *Roca Viva. El modelado del paisaje pirenaico*, 275 p.
- Brunte, M. 1975. *Les grands Mammifères chefs de file de l'immigration oligocene et le problème de la limite Eocène-Oligocène en Europa*. Tesis de la Universidad de Poitiers, 542 p.
- Casanovas Cladellas, M. L. y Santafé Llopis, J.V. 1974. Nota sobre el hallazgo de icnitas de mamíferos en el Terciario catalán. *Acta Geológica Hispánica*, IX, 2, 45-49.
- Casanovas-Cladellas, M. L. y Santafé-Llopis, J. V. 1982. Icnofauna oligocena de Agramunt (Lleida, España). *Acta Geológica Hispánica*, 17, 1-2, 113-119.
- Demathieu, G., Ginsburg, L., Guerin, C. y Truc, G. 1984. Etude paléontologique, ichnologique et paléocologique du gisement Oligocène de Saignon (Bassin d'Apt, Valcluse). *Bulletin du Musée National d'Histoire Naturelle*, 6, 153-183.
- Dingus, L. y Rowe, T. 1997. *The mistaken extinction*. Dinosaur Evolution and the Origin of birds. 332 p.
- Ellenberger, P. 1980. Sur les empreintes de pas des gros mammifères de l'Eocene supérieur de Garrigues-Ste-Eulalie (Gard). *Palaeovertebrata*, Mém. Jubil. R. Lavocat, Montpellier, 37-78.
- Hernandez-Pacheco, F. 1929. Pistas de aves fósiles en el Oligoceno de Peralta de la Sal (Lérida). *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XV, 379-382.
- Lockley, M. y Meyer, C. 1999. *Dinosaur tracks and other fossil footprint of Europe*. Ed. Columbia University Press, 323 p.
- Mangin, J. Ph. 1962. Traces de pattes d'oiseaux et flutecast associés dans le "Facies flysch" du Tertiaire pyreneen. *Sedimentology*, 1, 163-166.
- Murelaga, X., Baceta, J. I., Astibia, H., Badiola, A. y Pereda, X. 2000. Icnitas de perisodáctilos en el Oligoceno de Navarra: posición estratigráfica y sistemática. *Geogaceta*, 27, 15-18
- Olson, S. L. 1985. The fossil record of birds. *Avian Biology*, 8, 79-238.
- Pardo, G., Arenas, C., González, A., Luzón, A., Muñoz, A., Pérez, A., Pérez-Rivares, F. J., Vázquez-Urbez y Villena, J. 2004. La Cuenca del Ebro. En *Geología de España*. Ed. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, 533-543.
- Puigdefabregas, C. 1975. La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca. *Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos*, 104, 188 pp.
- Raaf, de J. S. M., Beets, C. y Kortembout, Van der Sluijs, G. 1965. Lower Oligocène bird-tracks from northern Spain. *Nature*, 207, 4993, 146-148.
- Santamaria, R., López, G. y Casanovas-Cladellas, M. L. 1989-1990. Nuevos yacimientos con icnitas de mamíferos del Oligoceno de los alrededores de Agramunt (Lleida, España). *Paleontología i Evolució*, 23, 141-152.
- Wiedman, D. B. y Reichel, M. 1979. Trace des pattes d'oiseaux dans la Molasse Suisse. *Eclogae geol. Helv.*, 72, 953-971.
- Zittel, K. a. 1893. *Traité de Paleontologie*. Mammifères. T. IV, Paléozoologie, 1-805.