



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Paleontología e interpretación medioambiental de las
icnitas de mamíferos del yacimiento de Fondota
(Paleógeno, Abiego, Huesca)

Paleontology and
environmental interpretation of mammal icnites
from Fondota tracksite (Paleogene, Abiego, Huesca)

Autor/es

Martín Linares Montes

Director/es

José Ignacio Canudo
Diego Castanera

Departamento de Ciencias de la Tierra
Facultad de ciencias
2020

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	OBJETIVOS.....	5
3.	CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO.....	5
4.	METODOLOGÍA.....	7
4.1	METODOLOGÍA DE CAMPO.....	7
4.2	METODOLOGÍA DE GABINETE.....	8
5	PRESERVACIÓN DE LAS ICNITAS.....	9
6.	ESTUDIO BIOMÉTRICO.....	10
7.	SISTEMÁTICA.....	13
8.	ESPECIES PRODUCTORAS.....	19
9.	IMPLICACIONES PALEOCOLÓGICAS.....	20
10.	CONCLUSIONES.....	23
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	23
12.	ANEXOS.....	27
1.	Mapa de rastros e Icnitas Paleomás.....	27
2.	Fotografías del Yacimiento.....	28
3.	Medidas de las Icnitas.....	32
4.	Análisis bivariantes.....	46
5.	Medidas de los rastros.....	49
6.	Paleoreconstrucciones.....	53
7.	Modelos fotogramétricos.....	55
a.	Modelo <i>Anoplotheriipus lavocati</i>.....	55
b.	Modelo <i>Anoplotheriipus isp.</i>.....	55
c.	Modelo <i>Entolonditpus viai</i>.....	56
d.	Modelo Morfotipo G.....	56

ABSTRACT

In this work it is presented a tracksite in the vicinity of Abiego with at least 661 ichnites and 32 tracks in a level of sandstone with high carbonate content. This site is known as Fondota site. The site has been dated to a Lower Oligocene age by the study of microfossil content for the unit where it is located.

The Fondota site is extremely significant from both scientific and economic point of view and especially for the village of Abiego. The site is located in Paleogene sediments of the Ebro basin. Thus, it is one of the few Paleogene that can be found in Europe. It also provides with the information about the paleo-ecological record of that moment along with the behavior of the species that have been identified.

In Fondota site there are four types of ichnites: *Anoplotheriipus* cf. *lavocati*, *Anoplotheriipus* isp., *Entelodontipus* cf. *viai* and a fourth morfotype which cannot be accurately identified but it can be produce by a large perisodactyl. The ichnites associated to *Anoplotheriipus* and *Entelodontipus* were produced by herbivorous mammals that belong to Artiodactyla. Also the tracks allow determining the social behavior of the trackmakers.

In the limit Eocene-Oligocene, in Europe took place an event known as the Grande Coupure, it was a great fauna exchange with Asia whereby a large part of the existing species in Europe disappear being replaced by new Asian species. This event might be noted in Fondota site where there are the mix of ancient species that existed during the Eocene and a new Oligocene species. Also in Europe there was a climate change and the forests of the Eocene gave way to more open environments.

1. INTRODUCCIÓN

Los yacimientos de icnitas de mamíferos del Paleógeno son muy escasos a nivel global en el registro fósil (McDonald et al., 2007; Costeur et al., 2009). Uno de los lugares del mundo donde mejor se conocen es en el Sureste de Europa (Francia y España) y en especial en el entorno de la Cuenca del Ebro (Casanovas-Cladellas y Santafé-Llopis, 1982; Astibia et al., 1994; Prats y López, 1995; Astibia et al., 2007)

El yacimiento de Fondota en Huesca destaca por el gran número de icnitas y rastros de mamíferos paleógenos, su conservación y complejidad. En el yacimiento de Fondota se han identificado un gran número de icnitas pertenecientes a mamíferos del Paleógeno, siendo un yacimiento de especial interés científico debido a la escasez de este tipo de yacimientos en el registro fósil mundial y en especial en Europa. Además de poseer un gran número de icnitas y rastros bien conservados que nos proporcionan gran información de los productores, aunque el grado de conservación de las icnitas presentan una gran variabilidad. Es un lugar bien conocido tradicionalmente por la población local (denominándolo como “el lugar donde las cabras treparon”). Las primeras referencias escritas provienen de la guía turística del Alto Aragón (Adell et al., 2003) donde son identificadas como “huellas de cérvidos, de hace 25 millones de años”, Durante los años 2004 y 2005 tuvieron lugar la realización de las medias de restauración, conservación y estudio del yacimiento por parte de la empresa Paleoymás. Además como parte de dicho trabajo se elaboró un informe científico preliminar para la Dirección General de Patrimonio del Gobierno de Aragón (Canudo, 2004) junto con la elaboración de un mapa con las icnitas de mayor tamaño y los rastros identificados durante la campaña de campo. Este informe y varias publicaciones posteriores que toman los datos de este informe (Canudo et al., 2004, Rabal-Garcés et al., 2018, Marchetti et al., 2019) son los únicos estudios de este yacimiento y han sido el punto de partida de este TFG.

Durante el límite Eoceno-Oligoceno tuvo lugar una modificación de la paleogeografía europea por la conexión con Asia a través del estrecho de Turgai por un descenso del nivel del mar a nivel mundial (Haq et al., 1987) en el sureste europeo (Archipiélago Balkan, Irán, Anatolia) (Heissig, 1979). Ligado a esta modificación de la paleogeografía tuvo lugar el descenso de la diversidad de perisodáctilos y el incremento de artiodáctilos (incluyendo al género *Entelodon*) inmigrantes junto con un incremento en los artiodáctilos selodóntidos autóctonos (como el género *Anoplotherium*) conocido como la “Grande Coupure” en relación con cambios climáticos junto con la apertura de los corredores entre Asia y Europa (Blondel, 2001). Ligado a dicho cambio climático tuvo lugar el intercambio en la flora europea desapareciendo las facies de bosques tropicales y subtropicales por floras adaptadas a temperaturas más templadas a la vez que los hábitats se vuelven más abiertos aunque de forma menos extrema de lo ocurrido en Norte América (Wolfe, 1978) por la influencia del mar de Tetis (Berggren y Prothero, 1992).

Previamente se han identificado en el yacimiento de Fondota géneros productores que vivían antes de la “Grande Coupure” (*Anoplotherium*) como posteriores (*Entelodon*). La “Grande Coupure” fue un evento que tuvo lugar a finales del Eoceno por el cual las faunas de especies europeas más antiguas desaparecieron, siendo sustituidas por especies más modernas procedentes de Asia (Hooker et al., 2004). Si se confirma esta asignación supondría que Fondota es un momento en el que ambos tipos de faunas coexistieron (Canudo, 2004).

Aparte de por su singularidad científica el yacimiento de Fondota presenta una gran importancia social y económica por su espectacularidad, pudiendo servir como reclamo turístico. Este hecho ha sido observado en otros yacimientos de icnitas (Caracavilla et al., 2009). Además la cercanía del yacimiento a la localidad de Abiego al igual que el fácil acceso al mismo junto con la preparación del mismo para las visitas con paneles informativos aumentan su valor como reclamo turístico (Rabal-Garcés et al., 2018). Procesos similares han tenido lugar en otros puntos de Aragón (Alcalá et al., 2006) o de España (Pérez -Lorente, 2015) donde se han identificado yacimientos de características similares y lo mismo se ha observado en la localidad de Abiego y su entorno presentando significativos beneficios.

2. OBJETIVOS

El siguiente trabajo tiene el objetivo principal de elaborar un estudio en detalle de las icnitas y los rastros presentes en el yacimiento de Fondota y la síntesis de la información obtenida de los mismos para la realización de una reconstrucción paleoambiental junto con una interpretación de las direcciones de los rastros.

Por ello el trabajo tiene los siguientes objetivos secundarios:

- a) Identificación y medición de las icnitas presentes en el yacimiento
- b) Identificación y medición de los rastros presentes en el yacimiento y la posterior interpretación de los mismos.
- c) Estudio sistemático de las icnitas y de sus posibles productores
- d) Realización de una reconstrucción paleoambiental del yacimiento durante su formación, mediante la información aportada tanto por los estudios sedimentológicos como de la asociación paleoicnológica presente.
- e) Proporcionar nueva información para la puesta en valor del yacimiento (carteles, divulgación en la red...)

3. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

El yacimiento de icnitas de Fondota se sitúa en las cercanías del núcleo urbano de Abiego, perteneciente a la provincia de Huesca (Fig. 1.a). El yacimiento se encuentra en la salida Norte del pueblo por la carretera A-1227, presentando un fácil acceso desde la misma estando a unos minutos andando desde una salida señalizada y encontrándose el camino hasta ellas bien señalizado.

Geológicamente, el yacimiento se encuentra situado en la zona Norte del sector central de la Cuenca del Ebro. Los materiales que constituyen a la Cuenca del Ebro junto con su evolución se encuentran fuertemente relacionados con la formación de las estructuras montañosas que la rodean y que suponen su límite (al Norte los Pirineos; al Sur el Sistema Ibérico y al Este las Cordilleras Costero-Catalanas) por la acción de la Orogenia Alpina, cuya acción en la zona comenzó a finales del Cretácico y que culminó durante el Oligoceno. En especial destaca la influencia de la Cordillera de los Pirineos la cual actuó como el área fuente de la sedimentación en la parte Norte de la Cuenca mediante la presencia de grandes abanicos aluviales. Siendo la cuenca del Ebro la última cuenca de antepaís asociada a los Pirineos en su vertiente Sur (Luzón, 2005).

La sedimentación continental de la cuenca comienza a finales del Eoceno y prosiguió hasta el Mioceno por la acción de los grandes sistemas de abanicos aluviales que partían desde los Pirineos y que progresivamente dan paso a la presencia de sistemas lacustres en la zona

central de la cuenca (responsables de los grandes niveles de evaporitas presentes en la misma) (Luzón, 2005; Pardo et al., 2004).

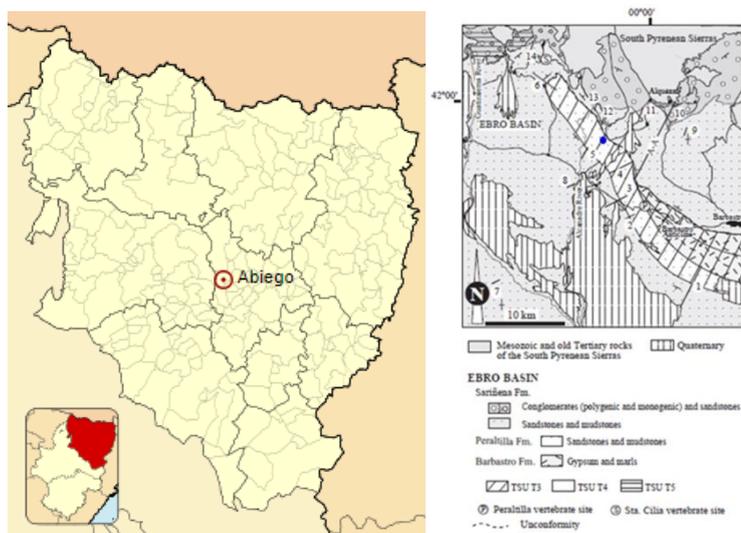


Figura 1: a) Situación geográfica de la localidad de Abiego. b) Situación geología del yacimiento (punto azul), imagen modificada de Luzón, 2005.

Los materiales de la Cuenca del Ebro han sido dividido en diferentes unidades tectosedimentarias atendiendo a variaciones sedimentarias y tectónicas (Arenas et al., 2001). La división en especial en las zonas marginales de la cuenca (como en las que se encuentra el yacimiento) depende de los movimientos tectónicos ocurridos en los Pirineos, aunque aún existe una influencia de las condiciones climáticas pero no enmascara la acción de la actividad tectónica. Se ha definido un total de 8 grandes unidades tectosedimentarias según la fase de actividad compresiva de la Orogenia Alpina (Luzón, 2005).

El yacimiento de Fondota se encuentra asociado a las unidades carbonatadas del miembro inferior de la formación Peraltilla (Crusafont et al. 1966). Esta formación ha sido relacionada con la 3ª unidad tectosedimentaria de la Cuenca del Ebro (Luzón, 2005; Pardo et al., 2004). El miembro inferior de la formación Peraltilla se compone de lutitas rojas y areniscas de grano fino, intercalados entre ellos se encuentran niveles de calizas y areniscas carbonatadas en especial en el entorno de la localidad de Abiego (García Sansegundo, 2004). A nivel tectónico, el yacimiento de Fondota se ve afectado por el levantamiento de la Cordillera Pirenaica por la acción del cabalgamiento frontal Surpirenaico aunque su efecto en el área es muy tenue. La principal estructura tectónica de la zona es el Anticlinal de Barbastro, siendo una estructura con dirección NNO-SSE encontrándose el yacimiento en su flanco suroccidental del mismo y siendo el responsable del buzamiento y dirección actual del yacimiento (García Sansegundo, 2004).

La Formación Peraltilla se ha podido determinar con una edad entre el Rupeliense y Chatiense. Se ha llegado a esta conclusión mediante la datación de carofitas presentes en unidades carbonatadas situadas por debajo de la formación Peraltilla (Reille, 1967) le han dado una edad del Estampiense. Y estudios realizados en la unidad superior (Formación Sariñena) empleando micromamíferos (Crusafont et al., 1966) la han datado del Mioceno aunque trabajos posteriores la han datado en el Oligoceno Superior (Chatiense) en su base (Senz y Zamorano 1992) que llega hasta el Mioceno Inferior (Luzón, 2005). Por ello la formación Peraltilla ha sido datada entre ambas edades (Estampiense-Chatiense). Pero al existir una discordancia entre ambas unidades dicha datación es parcial. Trabajos más modernos basados en el estudio de micromamíferos realizados en materiales cercanos al yacimiento y que se correlacionan con las unidades del mismo (Álvarez Sierra et al., 1990) permiten datar a la unidad como perteneciente

al Oligoceno Inferior. Esta edad se ha tenido en cuenta a pesar de la fragmentación del registro en la Cuenca del Ebro y la falta de restos de micromamíferos en el entorno del yacimiento que dificulta su datación precisa.

El yacimiento de Fondota se compone de un único nivel de roca con icnitas de 50 m de longitud total aproximadamente que presenta un buzamiento de 60°. El nivel se encuentra fracturado y posteriormente desplazado por la acción de fallas que dan la impresión de la presencia de dos niveles diferentes. En la superficie de fractura se reconoce la presencia de estrías de fallas y brechas (Anexo 2.b)

A nivel litológico el nivel con las icnitas se trata de un nivel carbonatado de color gris con una influencia de detritos. El nivel presenta una textura *packstone-wackstone* (Fig. 2) (aunque se requeriría estudios futuros para una descripción en detalle). El nivel del yacimiento se encuentra en una serie formada por intercalaciones de lutitas grises y pardas con areniscas grises y niveles carbonatados. En el nivel del yacimiento no se reconocen estructuras superficiales ni internas. En cambio en las cercanías del yacimiento se observa la presencia de *ripples* y más icnitas en niveles diferentes al nivel del yacimiento.

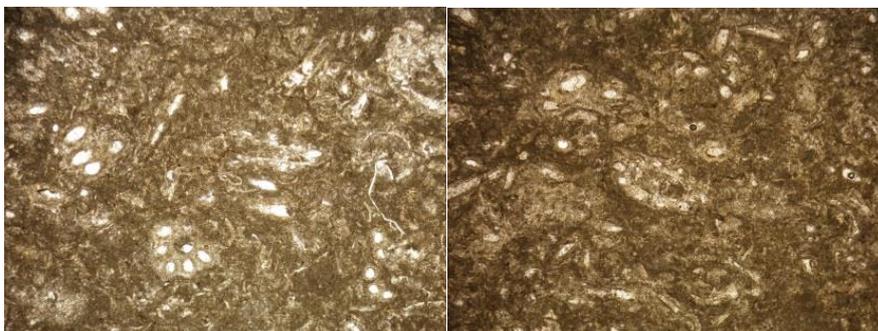


Figura 2: Fotografías de las láminas delgadas del yacimiento. En ellas se observa que la roca del yacimiento se encuentra bioconstruida por restos de organismos productores de carbonato (destacando la presencia de tallos de carofitas). La roca presenta una textura *packstone-wackstone*.

4. METODOLOGÍA

A continuación se va a explicar la metodología que se ha seguido para la realización de este trabajo. Se puede agrupar la metodología empleada en dos conjuntos diferentes: los estudios de campo y los estudios de gabinete.

4.1 METODOLOGÍA DE CAMPO

Antes del inicio del trabajo de campo se realizó un estudio de la bibliografía previa a la realización del trabajo.

Previo al trabajo directo en el yacimiento se han identificado los materiales sobre los que se encuentra el yacimiento y su coincidencia con lo presentado por la bibliografía relacionada. El estudio de los materiales en el campo ha consistido en la identificación y medición de las icnitas y los rastros presentes en el yacimiento. Una vez concluido los trabajos previos geológicos se ha pasado a la realización de la identificación y medición del material icnológico junto con la elaboración de una descripción y clasificación preliminar del mismo cuya validez se comprobaba posteriormente. Además de la identificación y medición de los posibles rastros observados en el yacimiento y la identificación de las icnitas que las componen y su tipo de clasificación.

Para la medición de las icnitas se han tenido en cuenta tres factores objetivos: longitud, anchura y profundidad además de su morfología y a la hora de medir los rastros se han medido

la distancia de paso y la distancia de zancada, además se han realizado mediciones de las direcciones de los rastros para su posterior análisis. Las mediciones se han realizado empleando la metodología presente en la siguiente figura (Fig. 3).

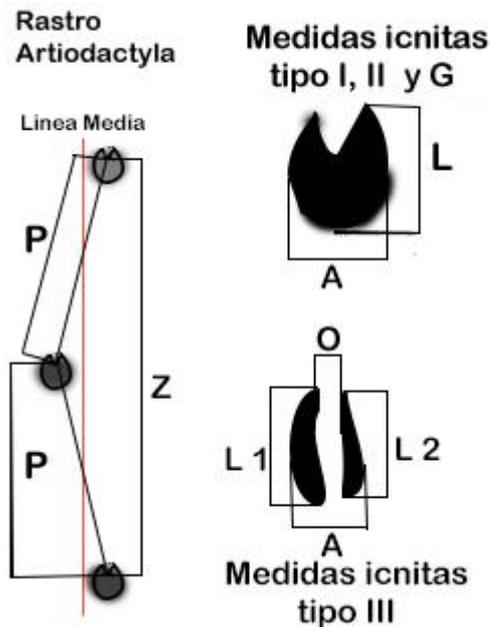


Figura 3:

Medidas de las icnitas de artiodáctilos y sus rastros asociados.

Nomenclatura asociada:

P (paso), Z (zancada)

L (longitud), A (anchura) para los morfotipos I,II y G.

L1 (longitud izquierda), L2 (longitud derecha), A (anchura) y O (espaciado entre los dedos) para la medición de las icnitas del morfotipo III

Imagen modificada de Costeur et al. 2009.

Además durante la toma de medidas se realizó una primera clasificación provisional de las icnitas según su morfología y dimensiones para la definición de los posibles morfotipos presentes en el yacimiento junto con el intento de identificar las morfologías descritas por los trabajos previos (Canudo, 2004).

Además se ha realizado un estudio en campo del grado de preservación de las icnitas con la finalidad de determinar posibles efectos de la consistencia del sustrato, procesos tafonómicos... que hayan afectado a las características de las icnitas y rastros presentes en el yacimiento siguiendo la metodología presentada en Marchetti et al. 2019.

4.2 METODOLOGÍA DE GABINETE

Las mediciones de las icnitas y de los rastros se han incluido en una tabla Excel, que ha sido usada para realizar los análisis estadísticos bivariantes.

Con los datos de las direcciones de los rastros obtenidos se ha elaborado una rosa de los vientos para su posterior interpretación que permita la determinación de los comportamientos de los posibles productores de los mismos.

Además de cada uno de los morfotipos de icnitas definidos en campo se han tomado fotografías, empleando la cámara Canon Powershot sx740 hs, para la elaboración posterior de un modelo 3D mediante fotogrametría empleando la metodología propuesta por Mallison y Wings (2004). La fotogrametría es una técnica mediante la cual se puede obtener modelos digitales en 3D a partir de imágenes 2D. Así de ese modo se podrán tomar medidas precisas sobre el tamaño, forma y posición del objeto a partir de las imágenes. Siendo este el objetivo fundamental de la misma, la elaboración de una relación geométrica entre la imagen y el objeto

en el momento de la toma de imágenes, de forma que se pueda emplear al modelo 3D como fuente de información (Petti et al., 2008).

Esta técnica se emplea en muchos campos diferentes incluyendo la paleontología, observándose numerosos beneficios de su empleo: Las imágenes contienen toda la información necesaria para la modelización 3D y la documentación (geometría y textura), la toma de imágenes es comúnmente más sencillo y fácil que la toma de medias, se evita los posibles daños ejercidos en el material por los estudios, el objeto fotografiado se conserva sin cambios aunque el objeto haya sufrido cambios considerables o haya desaparecido y es una técnica bastante barata (Petti et al., 2008).

El empleo de fotogrametría es especialmente beneficioso para la realización de estudios paleoicnológicos por las características de los yacimientos y materiales estudiados. Al ocupar grandes extensiones de terreno los yacimientos de icnitas y que las icnitas forman parte de la roca normalmente no se pueden proteger de forma perfecta del efecto negativo que tengan el ambiente sobre ellos, por esto la fotogrametría resulta muy útil como método de preservación de los yacimientos de icnitas (Bates et al. 2008). Esta técnica ya ha sido empleada en otros yacimientos de icnitas con la finalidad de generar modelos 3D de todo el yacimiento o de zonas concretas de mismo para su posterior estudio (Díaz Martínez et al., 2020).

Para la elaboración de los modelos 3D se ha empleado el programa 3DF Zephyr en su versión gratuita (<https://www.3dflow.net/3df-zephyr-free/>). Para el procesamiento de los modelos se ha seguido el siguiente procedimiento: 1) subida de las fotografías de las icnitas, 2) se han alineado y ordenado las imágenes eliminando las de peor calidad y las que no aporten información, 3) creación de la nube de puntos, 4) creación de la nube de puntos densa, 5) creación de la malla, 6) creación de la malla con textura y 7) exportación del modelo 3D. Los modelos correspondientes se observan en el anexo 7.

5 PRESERVACIÓN DE LAS ICNITAS

Las icnitas de Fondota se encuentran conservadas como epirelieves cóncavos, junto con la presencia de marcas de desecación y la presencia de rebabas en el contorno de las icnitas que nos indican que el nivel donde se encuentran las icnitas era la superficie de paso sobre la que se desplazaron los productores y por tanto son icnitas verdaderas.

Se han observado variaciones en la morfología y dimensiones de las icnitas. Esto puede deberse tanto a variaciones intraespecíficas por parte de los diferentes productores de las icnitas como por el posible efecto de la consistencia del sustrato o procesos tafonómicos posteriores (Marchetti et al. 2019) (Anexo 2.3.A). Con la finalidad de determinar el posible efecto de estos últimos eventos sobre las icnitas se ha decidido la determinación del grado de preservación de las icnitas mediante la clasificación de las mismas en diferentes tipos según su conservación morfológica. En el caso de yacimiento de Fondota se han identificado tres tipos diferentes:

- 1) Preservación buena (Anexo 2.3.D): son icnitas didáctilas presentando la marca de los dedos centrales (III y IV) presentan una buena definición y una morfología clara ovalada-elongada. Resulta muy difícil poder identificar y separar las marcas de las manos de los pies. Se puede distinguir la zona anterior y posterior permitiendo la determinación de la dirección y sentido del animal productor. Se corresponde a las icnitas valor 2 según la clasificación numérica

de Marchetti et al. 2019 según la cual proveen buena información del productor y se pueden relacionar con icnogéneros definidos previamente.

- 2) Preservación pobre: presentan una morfología alargada-subovalada sin impresiones claras (Anexo 2.3.C) de los dedos aunque en algunos casos se pueden intuir. No se puede distinguir diferencias entre las marcas de las manos y los pies ni la zona anterior y posterior de las mismas, por lo que no permiten la determinación del sentido de las mismas aunque sí de la dirección. Son equivalente a las icnitas del valor 1 de la clasificación numérica de Marchetti et al. 2019 permitiendo su asociación a un icnogénero previo y aportando información del tipo de productor de la misma.
- 3) Preservación mala (Anexo 2.3.B): no presenta una morfología distinguible ni una buena definición. No se puede distinguir la zona anterior y posterior ni determinar el sentido y dirección de las mismas. Son identificables como icnitas aunque no se puede determinar a un icnogénero concreto (aunque en el caso del yacimiento se les puede asociar un posible morfotipo atendiendo a sus dimensiones). Corresponden a icnitas de valor 0 según la clasificación de Marchetti et al. 2019

Por las posibles variaciones entre las icnitas producto de posibles variaciones locales de las condiciones del sustrato durante su formación o procesos posteriores se ha realizado además una clasificación atendiendo a tres zonas diferentes del yacimiento: Zona Sur, Central y Norte (. Como consecuencia se han obtenido los siguientes resultados: en la zona Sur un 24% presentan una conservación buena, un 40% pobre y un 36% mala. En la zona Central un 20% de icnitas tienen buena conservación, un 54% pobre y un 26% mala. Y en la zona Norte hay un 16% de icnitas con buena conservación, un 54% con pobre y un 30% con mala. En total (661 icnitas), se observa un 20% de las icnitas de preservación buena, un 48% con pobre conservación y un 32% con mala conservación.

Observándose una conservación muy similar de las icnitas entre las zonas Central (Anexo 2.1.B) y Norte (Anexo 2.1.C) y una mayor diferencia con la Zona Sur (Anexo 2.1.A). Pudiéndose deber las diferencias entre la conservación a diferencias en las condiciones ambientales durante la formación del yacimiento.

En el yacimiento no se observan marcas de los posibles efectos de procesos posteriores que hayan afectado a las icnitas excepto por la presencia de fracturas de gran tamaño y la presencia de zonas caídas donde ha desaparecido la superficie con las icnitas.

6. ESTUDIO BIOMÉTRICO

Durante la realización de la campaña de campo, en el yacimiento se han identificado un total de 661 icnitas. A cada una de ellas se les han realizado las mediciones indicadas en el apartado de metodología (obteniendo los valores de la longitud, anchura y profundidad de las mismas) y han sido incluidas en este estudio (anexo 2).

El análisis morfológico de las icnitas ha permitido la definición de 4 morfotipos diferentes:

- **Morfotipo I** (Fig. 4.A): son icnitas de gran tamaño, entre 10 y 20 cm de longitud aunque existen algunas excepciones. Presentan una morfología general subelíptica a subrectangular aunque en algunos casos la morfología es más

cercana a una subredondeada. En los casos de una buena conservación se observa la marca de dos dedos presentando una unión entre ellos en la parte distal. Se observa en los casos de mejor conservación la presencia de una diferencia entre las dimensiones de los dedos. Coincide con las icnitas denominadas como del tipo 2 y 3 presentadas por Canudo, 2004.

- **Morfotipo II** (Fig. 4.C): icnitas de pequeño tamaño, inferior a los 10 cm en todos los casos. Presentan una morfología muy similar a la observada en las icnitas pertenecientes al morfotipo I, presentan una morfología subelíptica pudiendo llegar a ser subredondeada en algunos casos (aunque en una mayor proporción que en el caso del morfotipo I). En las icnitas bien preservadas se observa la marca de dos dedos con una unión entre ellos.
- **Morfotipo III** (Fig. 4.B): son icnitas de pequeño tamaño, no superando normalmente más de 5cm de longitud. Se componen de la marca de dos dedos con una separación entre ellos. Los dedos en los casos de buena conservación presentan una morfología arriñonada. Coincide con las icnitas denominadas como del tipo 1 por Canudo, 2004.
- **Morfotipo G** (Fig. 4.D): son las icnitas de mayor tamaño en el yacimiento, presentando dimensiones superiores a los 20 cm de longitud. Su morfología se encuentra muy alterada no presentando una buena conservación. Presentan en su mayoría morfologías reminiscentes a las del morfotipo I siendo subredondeadas aunque en un caso se observa una posible huella tridáctila. Todas ellas presentan a su alrededor una gran rebaba de barro. No se encuentran mencionados en el trabajo previo de Canudo, 2004.

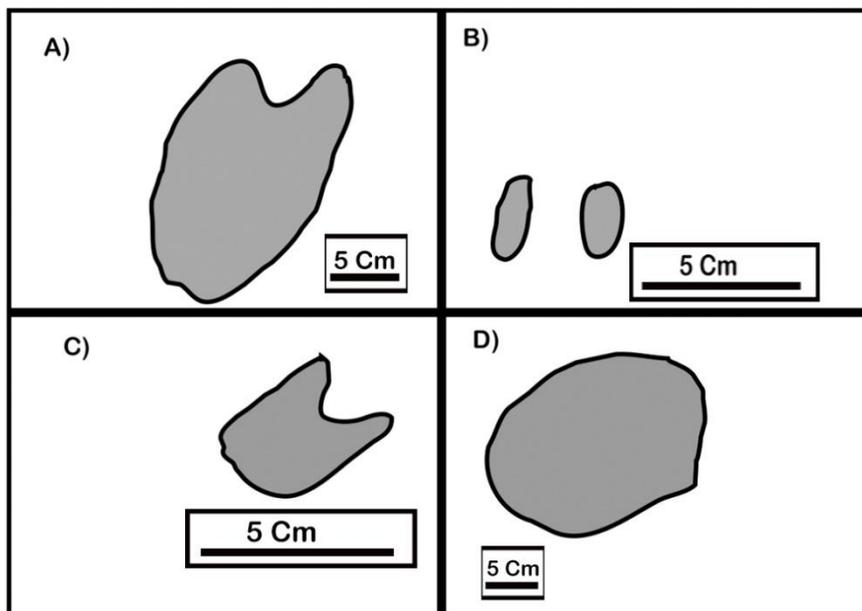


Figura 4: Dibujo de los morfotipos identificados en el campo. A) Morfotipo I. B) Morfotipo III. C) Morfotipo II. D) Morfotipo G.

Al realizar un conteo sobre la presencia de los diferentes morfotipos en el yacimiento se ha llegado a los siguientes resultados: 471 pertenecen al morfotipo I, 146 al morfotipo II, 35 al morfotipo III y 5 al morfotipo G. Por ello se ha llegado a la conclusión de que el morfotipo I es el más abundante y los morfotipos G y III los más escasos en el yacimiento.

Previo al estudio sistemático de cada uno de los morfotipos se ha decidido determinar la validez de la clasificación morfológica presentada previamente mediante la elaboración de análisis bivariantes. Los análisis se han realizado teniendo en cuenta los valores de la longitud

de las icnitas (cm) y su anchura (cm) al igual que la relación existente entre ambos. Con estos datos se han realizado dos análisis diferentes: el primero de ellos mediante la comparación entre la longitud y la anchura de las icnitas (Anexo 4.1) y el segundo de ellos mediante la comparación entre la relación entre la longitud/anchura y la longitud de las icnitas (Anexo 4.2). Este procedimiento se ha realizado con los datos obtenidos de las icnitas pertenecientes a los morfotipos I,II y G por ser las más similares entre sí al presentar morfologías muy similares diferenciándose principalmente por las dimensiones y por lo tanto existiendo posibles dudas sobre la validez de su separación en diferentes morfotipos.

En primer lugar al observar los resultados obtenidos se distingue una gran dispersión de los datos obtenidos dentro de cada tipo de icnita: $R_I^2 = 0,2703$, $R_{II}^2 = 0,3912$, $R_G^2 = 0,1493$. Esta gran variabilidad en los datos es común entre huellas que han presentado diferencias en las características del sustrato durante su formación (Morse et al., 2013) o que presenten diferencias en el grado de conservación entre otros posibles factores que puedan producir alteraciones en sus dimensiones o en sus morfologías (Marchetti et al., 2019). Estos factores pueden afectar en gran medida a las características observables incluso dentro de un mismo rastro, como se observa en el caso del rastro 15 donde existe una icnita que parece tridáctila pero el resto de icnitas del rastro no presentan marcas de los dedos presentando una morfología subredondeada. Por lo tanto es posible la existencia de variaciones significativas producto de diferencias en las condiciones del sustrato durante la formación de las icnitas del yacimiento o por procesos tafonómicos posteriores.

Como se observa en las gráficas previas, la diferencia empleando la Longitud y Anchura de las icnitas no permite una distinción clara entre los diferentes morfotipos, al observarse prácticamente una continuación de los valores del morfotipo I y el morfotipo II. Pero al observar el segundo de los gráficos (Anexo 4.2) se observa una mayor diferencia entre ambos morfotipos, aunque la variabilidad interna entre ambos es muy similar siendo únicamente la longitud la única variable diferenciadora.

Al observar los datos de la relación entre la longitud y la anchura de las icnitas del morfotipo I y de las pertenecientes al morfotipo II se observa una correlación entre los valores de forma que al realizar un análisis bivariante considerando a las icnitas de ambos tipos como pertenecientes a un único tipo se observa un valor de R^2 más cercano a un valor de 1 indicando un mejor ajuste de los valores de la tendencia, esto puede indicar que se traten en realidad de un mismo icnotaxón (Anexo 4.3). Además al observar los resultados del gráfico se observa como las icnitas del morfotipo II entran dentro de las variaciones del morfotipo I al analizar la longitud y anchura. Pudiéndose deber las diferencias entre las dimensiones a diversos factores (diferencias ontogénicas, estado de conservación, diferente productor...)

Al observar la clasificación de las icnitas del morfotipo G se distinguen principalmente por su mayor tamaño y su morfología más subredondeada que las icnitas pertenecientes al tipo I, además de presentar una posible icnita tridáctila (Anexo 2.8.C). Se observan que en todos los casos las relaciones entre la longitud-anchura es cercana a 1. Por ello se recomienda un estudio más detallado con la finalidad de determinar la posibilidad de que las icnitas del morfotipo G pertenezcan al mismo icnotaxón que las icnitas pertenecientes al morfotipo I. Siendo sus diferencias producidas por su fracturación y mala conservación.

Como se ha mencionado previamente existe una gran variabilidad en las medidas obtenidas de las icnitas. Esto se cree que puede deberse a variaciones en el sustrato cuando se

produjeron las icnitas o por el efecto del estado de conservación de las mismas. Por ello se han realizado análisis bivariantes comparando los valores de longitud-anchura y la longitud-anchura/longitud realizados para las tres partes del yacimiento: la parte Norte, Central y Sur del yacimiento (Anexo 4.4). Se han tomado las icnitas pertenecientes al Morfotipo I al ser las más abundantes del yacimiento y presentar una mayor variabilidad para la realización de estos análisis.

Como se observa en los datos presentados existe una mayor variación en los valores en la zona Sur para el primer análisis comparando la longitud y anchura. En cuanto al segundo caso al comparar la longitud y la relación entre la anchura y la longitud se observa una mayor similitud en los resultados. Por ello se ha llegado a la conclusión de la existencia de una mayor variabilidad en las dimensiones aunque no en la relación entre ellas. Esto coincide con lo observado en el yacimiento, presentando la Zona Sur del yacimiento una mayor variación en la conservación de las icnitas al igual que una mayor cantidad de icnitas con conservación mala en proporción. Las diferencias en la proporción de la conservación de las icnitas explicarían la mayor variación de los datos tomados en las icnitas de la zona Sur.

7. SISTEMÁTICA

ANOPLOTHERIIPUS cf. LAVOCATI (Anexo 2.4)

Ignorden: Artiodactipedia- Vialov, 1966

Ignogénero: *Anoplotheriipus*- Ellenberger, 1980

Ignoespecie: *Anoplotheriipus lavocati*- Ellenberger, 1980 (Fig. 5)

Descripción del material de Fondota

Las icnitas asociadas a *Anoplotheriipus cf. lavocati* corresponden a las anteriormente pertenecientes al morfotipo I. Son las más abundantes y mejor definidas del yacimiento pero a su vez son las que presentan una mayor variabilidad en sus dimensiones, morfologías y grado de preservación. No se han llegado a identificar que icnitas pertenecen a las manos y cuales a los pies.

Presentan morfologías alargadas con una mayor longitud que anchura mayoritariamente. Se observa la marca de los dos dedos centrales (dedos III-IV) y en ningún caso se han podido distinguir el resto de dedos del autopodo. Los dedos no presentan una separación entre ellos observándose la presencia de una unión entre ellos en las icnitas mejor preservadas. En estos mismos casos se observa la presencia de uñas subtriangulares culminando a los dedos.

Poseen una gran variabilidad en su morfología observándose en algunos casos morfologías subredondeadas o subrectangulares. (Anexo 2.4.A) Pero estas variaciones en sus dimensiones suelen ir asociadas a icnitas con un grado de conservación peor (Anexo 2.4. B).

Las icnitas presentan dimensiones entre 10 y 18 cm de longitud, aunque las dimensiones predominantes oscilan entre los 14 y 18 cm, e inferior a 12 cm de ancho aunque se observan variaciones en las longitudes de estas icnitas producto de diferencias en su conservación. En algunos casos se observa la presencia de icnitas de menores dimensiones junto con icnitas de mayor tamaño de morfología muy similar siendo identificado como la posible presencia de

impresiones de manos junto a las impresiones de los pies (Anexo 2.4. E). Además en las icnitas mejor conservadas se observa una diferencia entre los dedos al presentar uno de ellos dimensiones mayores que el otro.

Con la notable excepción del rastro 15 (Anexo 5), todo el resto de rastros observados en el yacimiento (31 rastros) se componen de icnitas pertenecientes a *Anoplotheriipus* cf. *lavocati*.

Comentarios del material del yacimiento

Las icnitas asociadas al morfotipo I se han caracterizado por la presencia de la marca de los dedos centrales (III y IV) sin la presencia del resto de los dígitos ni la presencia de una separación entre ellos. Se observan morfologías muy similares en los camélidos actuales, los cuales presentan una membrana carnosa uniendo sus dedos (Lucas y Hunt, 2007). Sin embargo la identificación de las icnitas como pertenecientes a un camélido es imposible puesto que no aparecen en Europa hasta finales del Mioceno Tardío (más concretamente hace 6 Ma durante el Messiniense) (Lucas y Hunt, 2007).

En el registro paleoicnológico europeo no se observan morfologías similares en icnitas de artiodáctilos pertenecientes al Oligoceno Inferior. Sin embargo se ha identificado icnitas con morfologías similares en yacimientos del Eoceno Superior del Sur de Francia (Ellenberger, 1980). Estas icnitas han sido asociadas al icnogénero *Anoplotheriipus* presentando una morfología subelíptica con dos dedos con morfologías subtriangulares que poseen una unión entre ambos dedos.

Dentro de *Anoplotheriipus* se identificaron diferentes icnoespecies dentro del mismo icnogénero como parte del mismo trabajo: *Anoplotheriipus lavocati*, *Anoplotheriipus similicommunis*, *Anoplotheriipus compactus*. Además, Ellenberger (1980) definió al icnogénero *Diplartiopus* el cual presenta una morfología muy similar al presentar solamente la marca de dos dedos presentando una unión entre ellos, diferenciándose con el icnogénero *Anoplotheriipus* por la presencia de dedos completamente paralelos entre si además de poseer dedos con una terminación muchas más alargado.

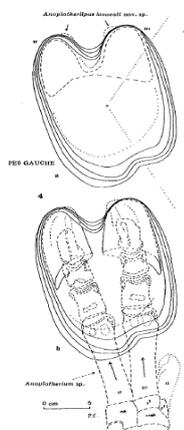
Las icnitas de Fondota carecen de impresión de dedos paralelos entre si además de ser poco alargados en su parte terminal.

Por las grandes dimensiones de las icnitas junto con la morfología subelíptica presente en las icnitas mejor conservadas se ha determinado que las icnitas pertenecientes al morfotipo I se asemejan a *Anoplotheriipus lavocati* (Fig. 5). Aunque se observan variaciones tanto en las dimensiones como en la morfología de algunas icnitas al observarse un menor carácter rectangular de las icnitas de lo descrito para la icnoespecie. Por ello se ha determinado aplicar la denominación *Anoplotheriipus* cf. *lavocati* presentada en trabajos previos (Canudo, 2004, Marchetti et al., 2019).

En el mismo trabajo se propone *Anoplotheriipus compactus* caracterizado por un mayor desarrollo del dedo IV respecto al dedo III y una mayor simetría en la parte posterior de la icnita. En el caso de Fondota se observa junto con las icnitas más alargadas icnitas con una morfología muy similar de una menor longitud y una morfología más redondeada/cuadrada con una relación entre longitud y anchura más cercana a 1, cuyas características las hacen más cercanas a *A. compactus* que *Anoplotheriipus* cf. *lavocati* (Anexo 2.5). Canudo, 2005 también identifica estas icnitas como posiblemente pertenecientes a *A. compactus*. La presencia de un

segundo posible icnotaxón explicaría la gran variabilidad observada en el morfotipo, aunque estas diferencias pueden deberse a diferencias en el sustrato o en conservación en lugar de la presencia de diferentes icnotaxones hay que tenerlo en cuenta. Por ello se considera la necesidad de realizar estudios futuros para la determinación de la posibilidad de un segundo icnotaxón.

Figura 5: Holotipo *Anoplotheriipus lavocati*. Imagen superior holotipo de la icnita e imagen inferior la comparación de la icnita con el autópodo del productor. Imágenes tomadas de Ellenberger (1980)



***ANOPLOTHERIIPUS* ISP. (Anexo 2.6)**

ICNORDEN: Artiodactipedida- Vialov, 1966

ICNOGÉNERO: *Anoplotheriipus*- Ellenberger, 1980

Descripción del material de Fondota

Las icnitas asociadas a *Anoplotheriipus* isp. Presentan una longitud inferior a los 8 cm y con una anchura que normalmente no supera los 5cm aunque se observarían variaciones de las mismas. Presentan una morfología muy similar a la observada en el punto anterior al ser elongada y en mucho casos elíptica o subelíptica aunque se observan icnitas con morfologías subredondeadas las cuales son más frecuentes que en el caso de las icnitas del morfotipo I (Anexo 2.6.A). Esta variación se asocia a procesos relacionados con su conservación (Anexo 2.6.D)

En los casos de las icnitas bien conservadas se marca la presencia únicamente de los dedos centrales (III y IV) con la impresión de una unión entre ellos además de la presencia de uñas con geometría subtriangular en los extremos de los mismos cuando la conservación es buena. Se han incluido las icnitas identificadas como del morfotipo II en la clasificación morfológica.

Comentarios del material del yacimiento

Las icnitas asociadas al morfotipo II han sido identificadas como pertenecientes al icnogénero *Anoplotheriipus* por sus semejanzas morfológicas con el morfotipo I (icnitas didáctilas con una unión entre los dedos y morfología elongada) (Anexo 2.6.B). Aunque las diferencias entre ellas impiden su asociación a priori al mismo icnotaxón.

Los análisis bivariantes realizados comparando sus características han permitido el establecimiento de la existencia de una relación entre las icnitas pertenecientes a ambos morfotipos. Pero las grandes diferencias existentes entre sus dimensiones han llevado a considerar la posibilidad de que no pertenezcan al mismo icnotaxón.

Dentro de los taxones definidos previamente para *Anoplotheriipus* y *Diplartiopus* no se han observado icnoespecies con dimensiones similares a las presentadas por estas icnitas. Por lo tanto se les ha decidido asociar la denominación *Anoplotheriipus* isp. al ser imposible definir las más allá de que pertenecen al icnogénero *Anoplotheriipus*.

A parte de la posibilidad de que se trate de una nueva icnoespecie del icnogénero *Anoplotheriipus* existe la posibilidad por su semejanza con el morfotipo I que las variaciones significativas existentes entre sus dimensiones sean producto por variaciones ontogenéticas dentro de la misma especie. Existiendo la posibilidad de que las icnitas pertenecientes a este morfotipo sean de ejemplares juveniles de la especie productora no desarrollados completamente.

De forma común se encuentran en las cercanías de icnitas pertenecientes *Anoplotheriipus lavocati* de un mayor tamaño (Anexo 2.6.C). Esto refuerza la hipótesis de que se traten de juveniles de *A. lavocati* puesto que en animales modernos pertenecientes a *Artiodactyla* se observa la presencia los jóvenes cerca de los adultos durante su periodo de desarrollo.

También cabe la posibilidad de que este morfotipo se trate de un artefacto producto de la unión entre icnitas de menor tamaño pertenecientes al morfotipo I (posiblemente pertenecientes a un juvenil de la especie productora) junto con icnitas del morfotipo III (con dimensiones muy similares) pero que por cuestiones de su conservación la separación entre las pezuñas no ha quedado preservada.

***ENTELODONTIPUS* cf. *VIAI* (Anexo 2.7)**

Icnorden: Artiodactipedia- Vialov, 1966

Icnogénero: *Entelodontipus*- Casanovas y Santafé, 1982

Icnoespecie: *Entelodontipus viai*- Casanovas y Santafé, 1982 (Fig. 6)

Descripción del material de Fondota

Las icnitas pertenecientes al morfotipo III son identificadas como pertenecientes a *Entelodontipus* cf. *viai*. Las icnitas asociadas a *Entelodontipus* cf. *viai* se encuentran distribuidas de forma aleatoria por todo el yacimiento, existiendo zonas del mismo donde no se encuentran presentes (sección del yacimiento). De forma general son muy escasas y se encuentran distribuidos de forma aislada y sin formar rastros o alguna otra asociación.

Presentan un pequeño tamaño con longitudes iguales o inferiores a los 5cm y una anchura general siempre inferior a los 5cm. Presentan una morfología diferentes a la de los morfotipos anteriores al presentar solamente la marca de dos dedos (III y IV) en forma de pezuña sin una unión entre ellos. Las marcas de los dedos presentan una geometría ovalada y ligeramente cóncava hacia la parte proximal de las mismas. Además de poseer una sección más circular y ancha en la zona posterior que se acuña hacia la parte anterior (Anexo 2.7)

En la zona interdigital se observa una separación que oscila entre los 0,5 y 1 cm. Presentan siempre una conservación buena o al menos pobre aunque en ningún caso se ha llegado a observar las impresiones de los dedos laterales. Tampoco ha sido posible la distinción entre las impresiones asociadas a las manos y a los pies.

Comentarios del material del yacimiento

Las icnitas pertenecientes al morfotipo III se caracterizan por estar constituidos por la impresión única de dos pezuñas de morfología arriñonada presentando una separación entre ellas. Pero a la hora de identificar el posible icnotaxón al cual pertenecen resulta muy difícil por la gran similitud existentes entre el desarrollo de los autópodos de los artiodáctilos (Murie, 1974) y por lo tanto la gran similitud observada entre sus icnitas (Costeur et al., 2009, Abbassi et al., 2016). Siendo las únicas diferencias observables pequeñas variaciones morfológicas. Aunque Canudo 2004 las asigna como pertenecientes a la icnoespecie de *Entelodontipus viai*.

Se han observado por lo tanto numerosas icnitas con morfologías muy similares a las encontradas en Fondota en numerosos yacimientos de edades muy diversas desde el Eoceno hasta el Paleoceno (McDonald et al. 2007). Siendo la icnoespecie *Bifipides aeolis* (Fornos et al., 2002) una de las que presentan una morfología y dimensiones más similares a las obtenidas en Fondota. Pero dicha icnoespecie ha sido descrita en materiales del Pleistoceno encontrados en la isla de Mallorca. Aunque el icnogénero *Bifipides* sí que existía durante el Oligoceno este presentaba morfologías muy similares (Costeur et al., 2009).

Es el icnogénero *Entelodontipus* el que tiene una mayor posibilidad de ser el que se encuentra en el yacimiento, siendo hasta la fecha un icnogénero monoespecífico poseyendo una única especie *Entelodontipus viai* (Fig. 17). El icnotaxón *E. viai* presenta una morfología y dimensiones muy similar al observado el yacimiento además de haber sido definido en materiales del Oligoceno de la Cuenca del Ebro en las cercanías de la población de Agramunt (Lérida, Cataluña) (Casanovas-Cladellas y Santafé-Llopis, 1982) siendo por lo tanto el icnotaxón más probable al cual corresponde el morfotipo III del yacimiento.

Aunque las dimensiones de las icnitas de Fondota hace que sean más similares a las icnitas halladas en las cercanías de la población de Olcoz en Navarra (Astibia et al. 1994) que al holotipo. Además de presentar una edad más cercana al yacimiento de Fondota y encontrarse en materiales muy similares a lo presentado en el yacimiento. Por ello se ha decidido emplear la nomenclatura propuesta en dicho trabajo de *Entelodontipus cf. viai*.

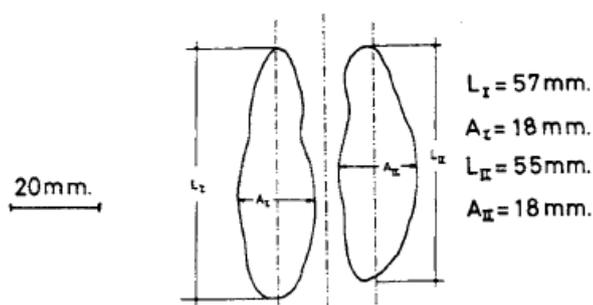


Figura 6: Esquema del holotipo de *Entelodontipus viai* (Casanovas y Santafé, 1982)

ICNITAS INDETERMINADAS (Anexo 2.8)

Descripción del material de Fondota

Son las icnitas pertenecientes al morfotipo G siendo las icnitas de mayor tamaño encontradas en el yacimiento presentando longitudes superiores a los 20 cm en todos los casos. A la hora de su identificación se presenta el problema de que todas las icnitas asociadas al morfotipo G presentan un grado de conservación pobre o malo por lo tanto dificultando la identificación (Anexo2.8.A).

Su morfología general difiere con la presentada en el resto de icnitas del yacimiento siendo subredondeada presentando una relación entre la longitud/anchura cercana a 1 en la mayoría de los casos (Anexo2.8.B).

Al analizar los resultados de los análisis bivariantes se ha llegado a la conclusión de que existe la posibilidad de que las icnitas del morfotipo G pertenezcan en realidad al morfotipo I y que las variaciones existentes sean producto del diferente grado de conservación presentado (Marchetti et al. 2019). Esta hipótesis se ve reforzada por la presencia de grandes rebabas de barro entorno a las icnitas indicando que el sustrato era especialmente blando durante su formación. Pero las características únicas presentes por algunas de ellas (impresión tridáctila en una de ellas) parecen indicar que el grado de conservación no es responsable de las variaciones existentes. Aunque la mala conservación de las icnitas dificulta el llegar a una conclusión definitiva. Estas icnitas no se encuentran recogidas en el trabajo previo de Canudo (2004). Las icnitas pertenecientes a este tipo se encuentran solamente en el área central del yacimiento y forman el rastro 15 (anexo 5) (Anexo2.8. D).

Cabe recalcar la presencia de una icnita en apariencia tridáctila entre las encontradas en el rastro 15 (Anexo2.8.C). Pero el hecho de que sea la única icnita con dicha característica junto con la mala conservación general presente en todas ellas dificulta la determinación de la validez de dicha morfología pudiéndose tratar de un artificio producto de la conservación de las mismas. Aunque la posibilidad de que se trate de una icnita de perisodáctilo (mamíferos ungulados de dedos impares) parece probable al ser estos unos de los pocos animales de gran tamaño que han podido ser responsables de la generación de icnitas de gran tamaño, a menos de que dichas dimensiones sean producidas por factores externos al autópedo productor.

Discusión del material del yacimiento

Pero tomando en cuenta la posibilidad de que estas icnitas se traten de un icnotaxón diferente existen ejemplos similares a lo observado en esta huella en otros yacimientos en el Paleógeno Europeo (Costeur et al., 2009). Las icnitas de este tipo presentan una única impresión con morfología subredondeada de grandes dimensiones (en algunos casos superior a los 20 cm de longitud), por ello se les ha asociado a alguno de los grandes géneros de herbívoros que existieron durante dicha época en Europa como posibles productores.

Como se ha mencionado en el apartado del estudio biométrico existen similitudes entre las icnitas pertenecientes a los morfotipos I y G. Las principales diferencias entre ellas son las dimensiones y la relación entre la longitud y la anchura. Las icnitas pertenecientes al morfotipo G tienen dimensiones superiores a 19 cm y longitudes iguales o superiores a los 15 cm, además presentan una relación media entre la longitud y la anchura mayor de lo observado en las icnitas pertenecientes al morfotipo I. Pero esto puede deberse al mal estado de conservación presentado por las icnitas pertenecientes al morfotipo G. Además, la presencia de una posible icnita tridáctila (Anexo2.8. C) perteneciente a dicho morfotipo favorece que se traten de diferentes icnotaxones.

Teniendo en cuenta la posibilidad de que todas las icnitas sean tridáctilas pero que dicha característica haya desaparecido por problemas en su conservación la hipótesis anterior cobra mayor validez, puesto que las icnitas asociadas a los rinocerontes poseen la marca de 3 pezuñas (Rajkumar y Klein, 2014; Costeur et al., 2009). Icnitas con morfologías similares se han observado en yacimientos del Oligoceno Inferior de India, aunque de un menor tamaño a las observadas en el yacimiento (Rajkumar y Klein, 2014). Se observan icnitas tridactilas similares

en el sureste de Francia en un yacimiento del Oligoceno inferior con una edad similar al yacimiento de Fondota, estas icnitas se han denominado como *Rhonzotherichnus* (Demathieu et al., 1984). Siendo lo mas probable por su cercanía y similitud que las icnitas de Fondota pertenezcan al mismo icnogenero, pero su mala conservación impide la asignación segura de a un icnogénero.

8. ESPECIES PRODUCTORAS

Como se ha mencionado previamente en este trabajo existe una gran escasez en el registro de icnitas de mamíferos del Paleógeno a nivel mundial y en especial en Europa (Costeur et al., 2009; McDonald et al., 2007), esto dificulta la interpretación y determinación de los icnotaxones concretos presentes en el yacimiento. Aunque la morfología de las icnitas así como el numero par de dedos presentadas por las mismas (con la excepción del caso de las icnitas del morfotipo G presentado en el apartado anterior) nos permiten asociar mamíferos herbívoros pertenecientes a Artiodactyla como sus productores.

Los artiodactilos son mamíferos ungulados cuyos autópodos culminan en un número par de dedos. En el caso de icnitas didáctilas (como ocurren en el yacimiento) son los dedos centrales (III y IV) sobre los que se desplazan presentando los dedos laterales (II y V) más reducidos y no se preservan excepto en los casos de conservación óptima de las icnitas. Vialov (1966) agrupa todas las icnitas producidas por Artiodactyla al icnoorden Artiodactipedia. Estudios posteriores (McDonald et al., 2007) han determinado la presencia de 17 icnogéneros dentro de Artiodactipedia y más de 35 icnotaxones diferentes desde el Eoceno hasta el Oligoceno. Dentro de los diferentes icnotaxones se observa una gran uniformidad entre sus morfologías (Lucas y Hunt, 2007) siendo únicamente pequeñas diferencias morfológicas las que permiten realizar su identificación (Costeur et al., 2009, Abbassi et al., 2016). Esto sumado a la escasez de registro dificulta la identificación a nivel de icnoespecie de las icnitas del yacimiento, aunque la buena conservación de algunas icnitas sí que ha permitido realizar una clasificación.

Las icnitas del morfotipo I y II han sido identificadas como pertenecientes al icnogénero *Anoplotheriipus* al cual se le asociaron como posible productor a las especies pertenecientes al género *Anoplotherium* (Anexo 6.1). Este género se encuentra presente durante el Eoceno Superior en gran parte de Europa aunque recoge también materiales hallados en el Oligoceno Inferior de Francia e Inglaterra. Se le considera como uno de los géneros supervivientes al evento conocido como la *Grande Coupure* (Blondel, 2001).

Dentro del género se han definido un total de cuatro especies de *Anoplotherium*: *A. commune* (Cuvier, 1804), *A. latipes* (Gervais, 1852), *A. laurillardi* (Pomel, 1851) y *A. pompeckji* (Dietrich, 1922), aunque estudios más recientes sugieren que *Anoplotherium commune* y *Anoplotherium latipes* en realidad son la misma especie pero que sufre un caso de dimorfismo sexual siendo la única diferencia entre ellos la falta del dedo II en *A. commune* (Hooker, 2007). Aunque dicha diferencia no se observa en las icnitas del yacimiento ya que en ningún caso se han preservado las impresiones de los dedos laterales.

Dentro de las especies previamente mencionadas como pertenecientes a *Anoplotherium* es *A. commune/A. latipes* como los productores más probables de las icnitas pertenecientes a *Anoplotheriipus* cf. *lavocati* al ser las especies de mayor tamaño definidas. En el caso de que las icnitas denominadas como *Anoplotheriipus* sp pertenezcan a una especie diferente son *A.*

laurillardi y *A. pomepeckji* al ser especies de un menor tamaño de lo presentado por *A. commune*/*A. lapites* pero con una morfología muy similar en los autópodos.

El género *Anoplotherium* ha sido identificado como un artiodáctilo primitivo sin descendientes directos actuales. Aunque se encuentran relacionados con los camélidos actuales (*Camelidae*) formando parte ambos a *Tylopoda*. Tanto los camélidos como los anoplotéridos presentan morfologías en sus autópodos muy similares (Lucas y Hunt, 2007) estando adaptados para un desplazamiento en terrenos blandos.

El icnotaxón *Entelodontipus* ha sido asociado a Entelodontidae (que incluye a *Entelodon*) como sus posibles productores. Aunque dicha asociación se encuentra en dudas por la gran semejanza presente entre los autópodos de *Artiodactyla* y las impresiones dejadas por éstos (Murie, 1974; Costeur et al., 2009, Abbassi et al., 2016). Debido a dichas dudas es posible que la asociación cambie en el futuro por trabajos posteriores, pero a la hora de la realización de este estudio se va a considerar como la posible especie productora a un miembro del genero *Entelodon*.

Los miembros del género *Entelodon* presentan morfologías similares a las especies actuales del suborden Suina, al que pertenecen los cerdos y jabalíes (Anexo 6.2). Aunque en realidad se tratan de un género de artiodáctilos primitivos cuyos parientes vivos más cercanos pertenecen a Whippomorpha que incluye a cetáceos e hipopótamos (Spaulding et al., 2009).

Los entelodóntidos aparecen en el Eoceno Medio de Asia pero no aparecen en Europa hasta inicios del Oligoceno durante la *Grande Coupure* (Blondel, 2001). Por su pequeño tamaño similar a las icnitas presentes en Olcoz (Astibia et al. 1994) los posibles productores de las icnitas de Abiego eran las especies primitivas presentes en el Oligoceno inferior Europeo similar a lo atribuido en el caso del Olcoz, reforzando la que el yacimiento pertenece al Oligoceno inferior cercano a su límite con el Eoceno.

Estos datos de los posibles productores coinciden con la datación de los yacimiento ya que el género *Entelodon*, estuvo presente en Europa durante el Oligoceno Inferior (entre los niveles de referencia 21 y 24) (Blondel, 2001), aunque como se ha mencionado previamente existen dudas de que los productores de *Entelodontipus* cf. *viai* pertenezcan a dicho icnogénero.

Respecto a las icnitas indeterminadas las especies más probables como productoras de dichas icnitas no pertenecen a *Artiodactyla* sino a *Perissodactyla*, caracterizados por poseer un número impar de dedos en sus pies, siendo los mamíferos de mayor tamaño existentes en Europa durante el Oligoceno Inferior. Los perisodáctilos de esa época presentaban tres o cinco dedos en sus manos pero en las icnitas de Abiego solo se reconoce una única impresión, esto puede deberse a las condiciones del sustrato que han impedido su preservación, la conservación de las mismas o la propia morfología de los pies de los productores. Por las dimensiones y la morfología es posible que el productor se trate de una especie primitiva de la superfamilia Rinocerotoidea cuyo registro en Europa comienza durante el Eoceno pero es durante el Oligoceno inferior que aumenta su diversidad (Blondel, 2001).

9. IMPLICACIONES PALEOCOLÓGICAS

Se han identificado un total de 32 rastros en el yacimiento (anexo 1). Todos los rastros se encuentran conformados por icnitas pertenecientes a *Anoplotheriipus* cf. *lavocati* con la excepción del rastro 15 el cual está conformado por icnitas asociadas al morfotipo G.

Los rastros son en su mayoría rectilíneos presentando una disposición sinuosa de las icnitas. Se han podido identificar las icnitas pertenecientes a los pies del productor y no se distinguen las impresiones de las manos, esto puede deberse a la tendencia presentada por la mayoría de ungulados actuales y fósiles en los que el pie del productor pisa sobre la impresión de la manos dificultando su preservación. Se han observado modelos de desplazamiento similares en camélidos tanto fósiles como actuales (Lucas y Hunt, 2007).

Se ha realizado la medición de las direcciones de los rastros elaborando una rosa de los vientos para hallar las direcciones preferentes de desplazamiento de los rastros (Fig. 7).

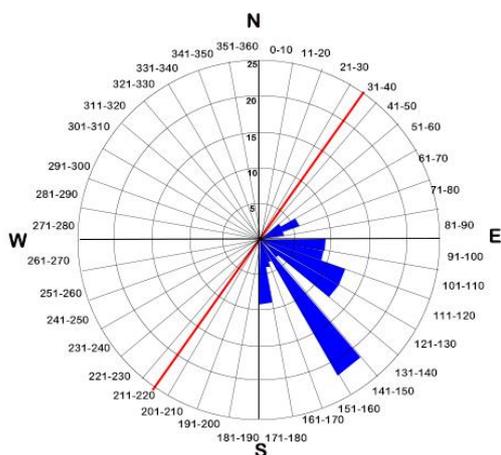


Figura 7: Diagrama en rosa con las direcciones de los rastros observados en el yacimiento. La línea roja indica la dirección general del mismo (35-215°)

Al observar las direcciones de los rastros se distinguen tres direcciones preferentes NW-SE, SW-NE y dirección N-S (aunque este último caso solamente se observa en la zona Sur y Central del yacimiento). Son precisamente los rastros con esta última dirección los que presentan una mayor longitud y por lo tanto los que poseen un mayor número de icnitas. Pero son los rastros con dirección SE los más frecuentes en el yacimiento suponiendo un 38% de los casos.

Los datos de las direcciones de los rastros parecen indicar la existencia de un desplazamiento gregario por parte de los productores, marcado por las direcciones preferentes observadas de los mismos.

Se han definido diversas evidencias de comportamiento gregario por parte de especies extintas por Currie y Eberth (2010). Entre ellas se encuentran la presencia de rastros paralelos con la misma dirección y velocidad. Pero para poder definir comportamientos sociales a partir de datos icnológicos de artiodáctilos se necesita tener en cuenta una serie de cuestiones previas: 1) ¿Todos los rastros deben pertenecer a la misma especie?, 2) ¿Dónde se encuentran preservados los rastros? y 3) ¿Los animales se movían juntos o no? (Díaz Martínez et al. 2020). Aunque a la hora de tener en cuenta la primera cuestión se conoce la formación de manadas compuestas por diferentes especies en mamíferos actuales. Por lo tanto aunque sí que se va a tener en cuenta a la hora de determinar un comportamiento gregario, su peso a la hora de determinarlo va a ser menor que el resto de cuestiones.

Al aplicar estas cuestiones a los rastros presentes en el yacimiento se han observado que se cumplen aunque con matices. Dentro de los rastros todas las icnitas han sido identificadas como pertenecientes al mismo icnotaxón (*Anoplotheriipus cf. lavocati*) y a nivel general todos los rastros son de la misma especie (con la excepción del rastro 15 cuyas icnitas permanecen indeterminadas). Respecto al posicionamiento de los rastros se observa la existencia de rastros

muy cercanos con direcciones similares y velocidades aparentes similares (distancia de paso y zancada muy similar entre ellos), formando así parejas (anexo 1). Aunque en la zona Norte del yacimiento sí que parecen existir más de dos rastros con la misma dirección. Esto no nos permite asegurar con certeza un comportamiento gregario en grandes grupos pero si la posibilidad de que los individuos se desplazaran en pequeños grupos o parejas.

En la Cuenca del Ebro durante el Eoceno superior tuvo lugar la retirada del mar de la cuenca por el oeste a la vez que tenía lugar el depósito de grandes niveles de evaporitas (Puigdefábregas, 1975). Con la retirada del mar tuvo lugar la formación de una red fluvial de gran importancia junto con la presencia de grandes abanicos aluviales que parten del límite Norte de la Cuenca y son responsables de la sedimentación terrígena de la misma (Luzón, 2005), formándose formaciones lacustres en la parte central de la cuenca.

Las características geológicas del yacimiento nos indican que la zona se formó en una zona palustre la cual se encontraba anegada de forma esporádica como mencionan Puigdefábregas (1975) y Luzón (2005). La presencia de grietas de desecación en la superficie del yacimiento y la ausencia de restos de actividad de las plantas acuáticas (como marcas de bioturbación por raíces o restos de caraceas).

Durante el Oligoceno inferior la flora europea se compuso fundamentalmente de grandes zonas arboladas con coníferas adaptadas a temperaturas templadas que empezaron a dar paso a grandes entornos abiertos (Ollivier-Pierre et al. 1987). Estudios paleontológicos realizados en la Cuenca del Ebro permiten una mejor definición de la posible flora que rodeaba al yacimiento (Tosal y Martín-Closas, 2016; Barrón et al., 2010). Destacando en especial el yacimiento de Cervera por las similitudes ambientales que presenta con el yacimiento de Fondota.

En el entorno del yacimiento posiblemente había una vegetación de ribera compuesta fundamentalmente por miembros de la familia Salicaceae (con las especies *S. lavateri* and *S. angusta* como las más probables) y de la familia Myricaceae (principalmente *M. arenasi*). Las zonas arboladas abiertas de plantas xerófitas compuestas por miembros de los géneros *Rhus*, *Rhamnus* y *Mimosites*. Este ambiente se situaría de forma más lejana a la zona palustre separados de esta por la vegetación de ribera y una posible laurisilva. En trabajos anteriores se ha propuesto la presencia de grandes superficies de bosques tipo laurisilva en la Cuenca del Ebro durante el Oligoceno Inferior, pero trabajos más modernos (Tosal y Martín-Closas, 2016; Barrón et al., 2010) reducen las extensiones de estas grandes laurisilvas solamente a las orillas de las masas de agua como lagos. En el caso de Fondota el carácter temporal de la masa de agua genera dudas de la existencia de laurisilva en torno a él. Aunque sí que ha podido existir una pequeña franja de laurisilva entorno a la zona lacustre.

Los estudios paleobotánicos junto con la identificación de las especies productoras han permitido la realización de la paleoreconstrucción del ambiente cuando tuvo lugar la formación del yacimiento (Anexo 6.3).

Los animales productores de las icnitas del yacimiento suponen una mezcla entre las faunas primitivas previas a la Grand Coupure coexistiendo especies de artiodáctilos adaptados a las grandes zonas abiertas como los pertenecientes a *Entelodon* procedentes de Asia junto con especies primitivas adaptadas a los ambientes de bosques subtropicales del Eoceno Superior de Europa como el género *Anoplotherium* (Blondel, 2001).

10. CONCLUSIONS

The Fondota tracksite described in this study is very significant from a scientific and heritage point of view. It is a singular site by the interesting ichnofauna from the early Oligocene, an age when the ichnological record is very fragmented and the data is reduced. Also it is remarkable the good preservation that some of the footprints shows.

In the site there are four morphotypes with different preservation levels (which range from good to bad preservation). The difference in the preservation grade of the ichnites (conditioned by the differences in the characteristics of the substrate when they were produced) generate a big disparity in the values and their dimensions. Ichnotaxonomically, there were footprints belonging to the ichnogenus *Entelodontipus* (morphotype III) and *Anoplotheriipus* (morphotype I and morphotype II). Besides there is the possibility of presence of a big member of the order Perissodactyla (morphotype G) and a new ichnotaxon belonging to *Anoplotheriipus* (morphotype II). The identification of the producer is difficult in some cases, as in morphotype G. Nonetheless, the ichnotaxa are possibly related to *Entelodon* (morphotype III) and *Anoplotherium* (morphotype I and morphotype II) and indicate the mix between primitive Eocene and more modern species dated to the Oligocene by product of the Grande Coupure.

The study of the traces made in this work have allowed the interpretation of the way of life of the producers. There are evidences of a possible gregarious behavior in small groups by the trackmakers of *Anoplotheriipus*. In the case of the other existing genus there are not enough data to suggest a behaviour. They lived in a palustine area with a muddy substrate which suffers dry periods with a woodland near to the area with water which leads to a more open woodland.

11. BIBLIOGRAFIA

Abbassi, N., Kunderát, M., Mirzaie Ataabadi, M., & Ahlberg, P. E. (2016). Avian ichnia and other vertebrate trace fossils from the Neogene Red Beds of Tarom valley in north-western Iran. *Historical Biology*, 28(8), 1075-1089.

Alcalá L., González A., & Aberasturi A. (2006) Teruel un laboratorio paleontológico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 14(3): 213-221.

Álvarez Sierra, M., Daams, R., Lacomba, J. I., López Martínez, N., Meulen, A. J. V. D., Sesé, C., & Visser, J. D. (1990). Palaeontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain).

Arenas C., Millán H., Pardo G., & Pocoví A. Ebro Basin continental sedimentation associated with late compressional Pyrenean tectonics (north-eastern Iberia): controls on basin margin fans and fluvial systems. *Basin Res* 2001;13:65 – 89.

Astibia, H., de Lersundi, J. D. V., & Murelaga, X. (1994). Ichnitas de artiodáctilos (Mammalia) del Paleógeno de Olcoz (Depresión del Ebro, Navarra). *Estudios Geológicos*, 50(1-2), 119-126.

Astibia, H., Pereda Superbiola, X., Payros. A., Murelaga, X., Berreteaga, A., Baceta, J.L., & Badiola, A. (2007). Bird and mammal footprints from the tertiary of Navarre (Wenster Pyrenees). *Ichnos*. 14(3-4): 175-184.

Barrón, E., Rivas-Carballo, R., Postigo-Mijarra, J. M., Alcalde-Olivares, C., Vieira, M., Castro, L., ... & Valle-Hernández, M. (2010). The Cenozoic vegetation of the Iberian Peninsula: a synthesis. *Review of palaeobotany and palynology*, 162(3), 382-402.

Bates, K. T., Rarity, F., Manning, P. L., Hodgetts, D., Vila, B., Oms, O., ... & Gawthorpe, R. L. (2008). High-resolution LiDAR and photogrammetric survey of the Fumanya dinosaur tracksites (Catalonia): implications for the conservation and interpretation of geological heritage sites. *Journal of the Geological Society*, 165(1), 115-127.

Berggren, W. A., & Prothero, D. R. (1992). *Eocene-oligocene: climatic and biotic evolution* (No. 551.583. 77 EOC).

Blondel, C. (2001). The Eocene–Oligocene ungulates from Western Europe and their environment. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 168(1-2), 125-139.

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.

Caracavilla, L., Durán, J.J., Gracia-Cortés, Á., & López Martínez, J. (2009) Geological Heritage and geoconservation in Spain: past, present and future. *Geoheritage* 1(2-4): 75-91.

Casanovas-Cladellas, L., & Santafé-Llopis, J. V. (1982). Icnofauna oligocena de agramunt (Lérida, España). *Acta Geologica Hispanica*, 17(1-2), 113-119.

Costeur, L., Balme, C., & Legal, S. (2009). Early Oligocene mammal tracks from southeastern France. *Ichnos*, 16(4), 257-267. Crusafont et al., 1966

Cuvier, G. (1804). Suite de recherches sur les os fossiles de lapierre à plâtre des environs de Paris. Troisième mémoire. Restitution des pieds. Première section. Restitution des différents pieds de derrière. *Annales du Muséum d'Histoire Naturelle* 3: 442–472, pls 38–43

Díaz-Martínez, I., Suarez-Hernando, O., Larrasoana, J. C., Martínez-García, B. M., Baceta, J. I., & Murelaga, X. (2020). Multi-aged social behaviour based on artiodactyl tracks in an early Miocene palustrine wetland (Ebro Basin, Spain). *Scientific reports*, 10(1), 1-16.

Demathieu G., Ginsburg L., Guérin C. & Truc G. (1984) Etude paléontologique, ichnologique et paléoécologique du gisement oligocène de Saignon (bassin d'Apt, Vaucluse); *Bulletin du Museum National d'Histoire naturel de Paris*, 6(4) 153–183.

Dietrich, W.O. (1922). Beitrag zur Kenntnis der säugetier-führenden Bohnerzformation in Schwaben. 1. Ein vergessenes, neu erschlossenes Höhlenvorkommen terrestrischen Eozäns auf der Ulmer Alb. *Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 1922: 209–224

Ellenberger, P. (1980). Sur les empreintes de pas des gros mammifères de l'Eocene supérieur de Garrigues-Ste-Eulalie (Gard).

Fornós, J. J., Bromley, R. G., Clemmensen, L. B., & Rodríguez-Perea, A. (2002). Tracks and trackways of *Myotragus balearicus* Bate (Artiodactyla, Caprinae) in Pleistocene aeolianites from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 180(4), 277-313.

García Sansegundo, J. (2004). Memoria de la Hoja nº 287 (Barbastro). Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (MAGNA), Segunda Serie, Primera edición. IGME, 22 pp

Gervais, P. (1852). *Zoologie et Paléontologie Françaises (animaux vertébrés) ou Nouvelles Recherches sur les Animaux Vivants et Fossiles de la France*. Paris, 1st edn.1: 1–271, 2–3: 80 pls.

Heissig, K. (1979). Die hypothetische Rolle Südosteuropas bei den Säugetierwanderungen im Eozän und Oligozän. N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 2, 83-96

Hooker, J. J., Collinson, M. E., & Sille, N. P. (2004). Eocene–Oligocene mammalian faunal turnover in the Hampshire Basin, UK: calibration to the global time scale and the major cooling event. *Journal of the Geological Society*, 161(2), 161-172.

Hooker, J. J. (2007). Bipedal browsing adaptations of the unusual Late Eocene–earliest Oligocene tylopod Anoplotherium (Artiodactyla, Mammalia). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 151(3), 609-659.

Luzón, A. (2005). Oligocene–Miocene alluvial sedimentation in the northern Ebro Basin, NE Spain: Tectonic control and palaeogeographical evolution. *Sedimentary Geology*, 177(1-2), 19-39.

Lucas, G., & Hunt, A. (2007). Ichnotaxonomy of camelfootprints. *Cenozoic Vertebrate Tracks and Traces: Bulletin* 42, 42, 155.

Mallison, H., & Wings, O. (2014). Photogrammetry in paleontology—a practical guide. *Journal of Paleontological Techniques*, 12(12), 1-31.

Marchetti, L., Belvedere, M., Voigt, S., Klein, H., Castanera, D., Díaz-Martínez, I., ... & Farlow, J. O. (2019). Defining the morphological quality of fossil footprints. Problems and principles of preservation in tetrapod ichnology with examples from the Palaeozoic to the present. *Earth-Science Reviews*, 193, 109-145.

McDonald, H., White, R., Lockley, M., & Mustoe, G. (2007). An indexed bibliography of Cenozoic vertebrate tracks. *Cenozoic Vertebrate Tracks and Traces: Bulletin* 42, 42, 275.

Morse, S. A., Bennett, M. R., Liutkus-Pierce, C., Thackeray, F., McClymont, J., Savage, R., & Crompton, R. H. (2013). Holocene footprints in Namibia: the influence of substrate on footprint variability. *American journal of physical anthropology*, 151(2), 265-279.

Murie, O. J., & Elbroch, M. (2005). *A field guide to animal tracks* (Vol. 3). Houghton Mifflin Harcourt.

Ollivier-Pierre, M. F., Gruas-Cavagnetto, C., Roche, E., & Schuler, M. (1987). Eléments de flore de type tropical et variations climatiques au Paléogène dans quelques bassins d'Europe nord-occidentale. *Mémoires et travaux de l'Institut de Montpellier*, (17), 173-205.

Pardo, G., Arenas, C., González, A., Luzón, A., Muñoz, A., & Pérez, A. (2004). Cuencas Cenozoicas: La Cuenca del Ebro In: Vera JA, editor. Geología de España. Madrid: Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, 343-353.

Pérez-Lorente, F. (2005) *Dinosaur footprints and trackways of La Rioja*, Indiana University Press.

Petti, F. M., Avanzini, M., Belvedere, M., De Gasperi, M., Ferretti, P., Girardi, S., ... & Tomasoni, R. (2008). Digital 3D modelling of dinosaur footprints by photogrammetry and laser scanning techniques: integrated approach at the Coste dell'Anglone tracksite (Lower Jurassic, Southern Alps, Northern Italy). *Acta Geologica*, 83, 303-315.

Pomel MA. (1851). Nouvelles observations sur la structure des pieds dans les animaux de la famille des Anoplotherium, et dans le genre Hyaemoschus. *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences* (33): 16–17.

Prats, M., & López, G. (1995). Síntesi de la Icnofauna del Sinclinal d'Agramunt, entre el Meridà d'Agramunt i el riu Segre (Prov. de Lleida). *Paleontologia i evolució*, (28), 247-268.

Puigdefábregas, C. (1975). La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca.

Rabal-Garcés, R., Luzón, A., Castanera, D., Canudo, J. I., & Barco, J. L. (2016). A palaeoichnological itinerary through the Cenozoic of the Southern Margin of the Pyrenees and the Northern Ebro Basin (Aragón, Northeast Spain). *Geoheritage*, 10, 499-509.

Rajkumar, H. S., & Klein, H. (2014). First perissodactyl footprints from flysch deposits of the Barail Group (Lower Oligocene) of Manipur, India. *Journal of Earth System Science*, 123(2), 413-420.

Reille, J.L. (1967). Sur l'importance des Charophytes dans l'étude des formations continentales tertiaires du versant meridionale des Pyrénées. *C.R. Acad. Sc. Paris.*, 265, pp.778-780.

Spaulding, M., O'Leary, M. A., & Gatesy, J. (2009). Relationships of Cetacea (Artiodactyla) among mammals: increased taxon sampling alters interpretations of key fossils and character evolution. *Plos one*, 4(9), e7062.

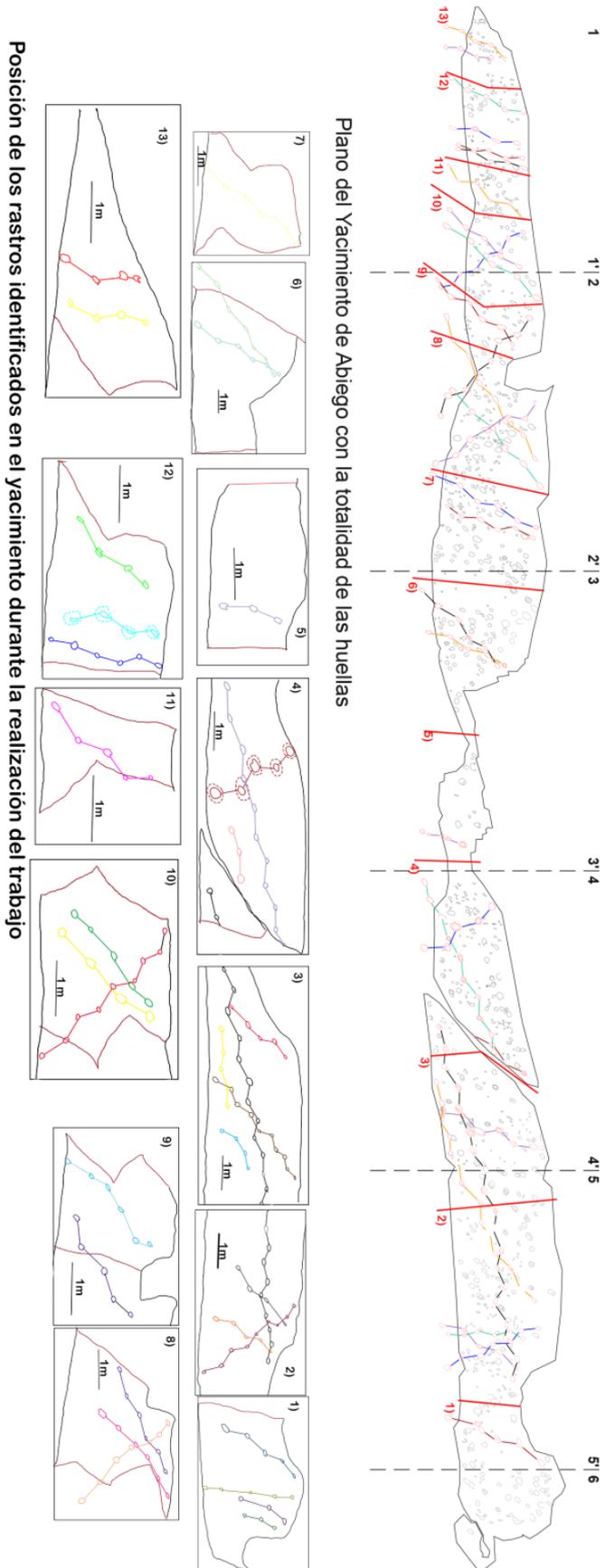
Tosal, A., & Martín-Closas, C. (2016). Taphonomy and palaeoecology of the Oligocene flora from Cervera (Catalonia, Spain) and their implication in palaeoclimatic reconstruction. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 233, 93-103.

Vialov, O. S. (1966). Sledy zhiznedeyatelnosti organizmow i ikh paleontologicheskoe znachenie. *Academy of Sciences, Ukrain, Kiev*.

Wolfe, J. A. (1978). A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere: Data from fossil plants make it possible to reconstruct Tertiary climatic changes, which may be correlated with changes in the inclination of the earth's rotational axis. *American scientist*, 66(6), 694-703.

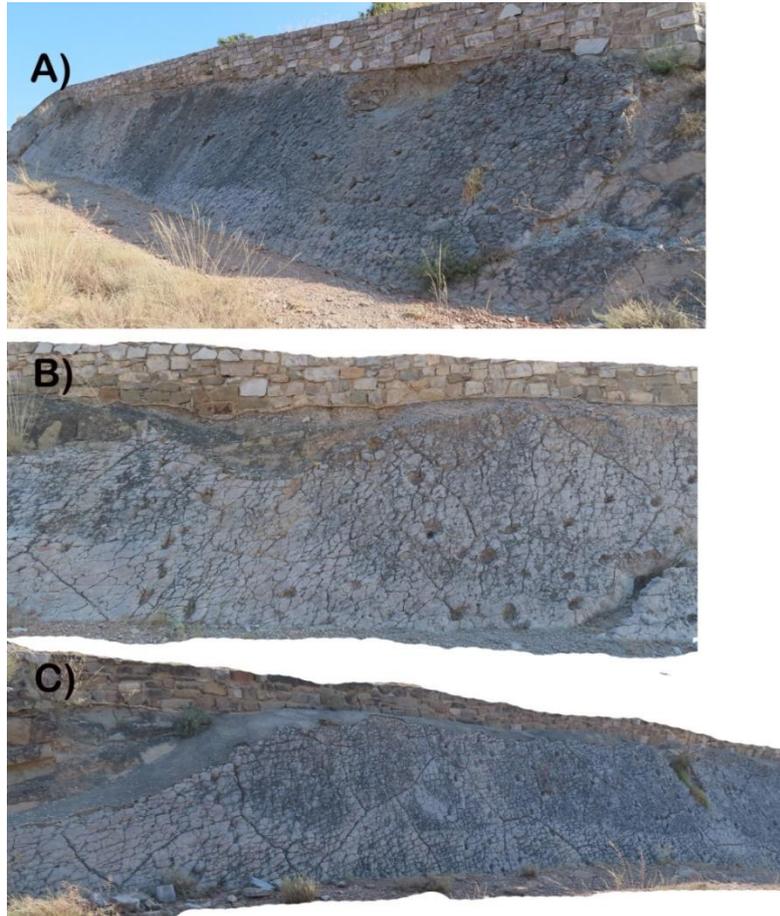
12. ANEXOS

1. Mapa de rastros e Icnitas Paleoymás



2. Fotografías del Yacimiento.

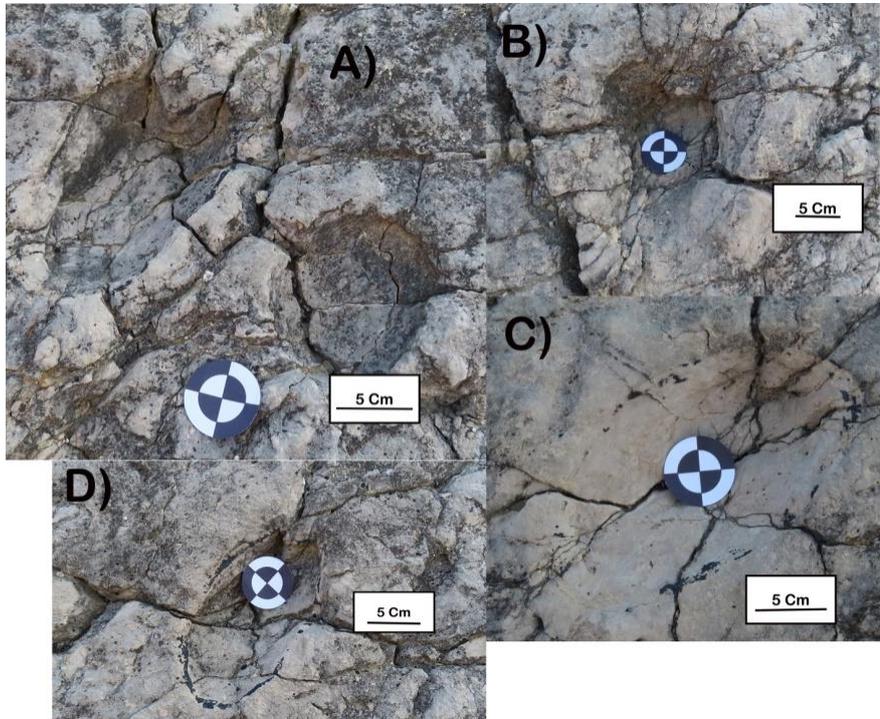
2.1. Fotografías del yacimiento. A) Parte Sur. B) Parte Central. C) Parte Norte.



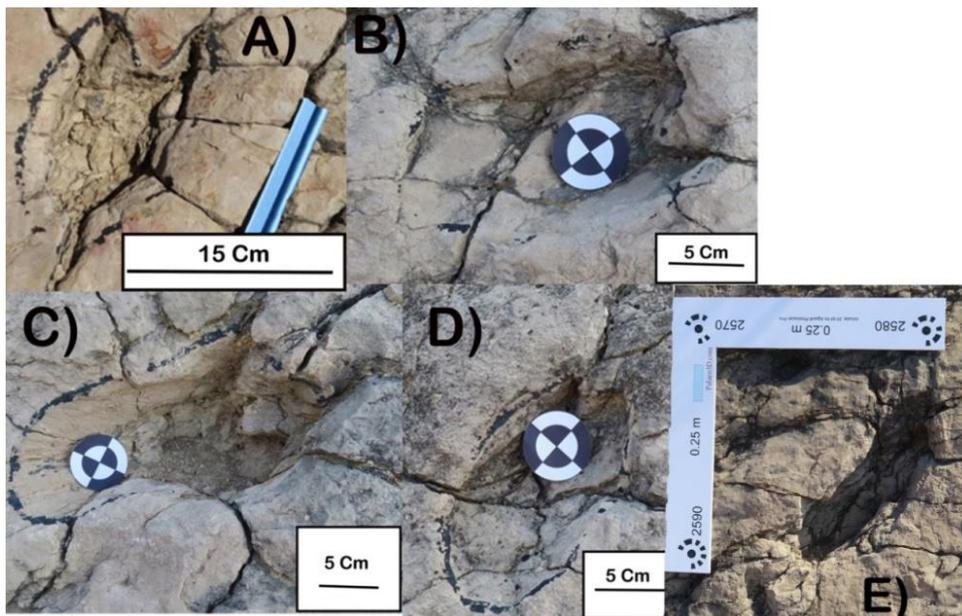
2.2. Plano de falla de una de las roturas del nivel del yacimiento. En ella se observa la presencia de estrías y brechas de falla.



2.3. Ejemplos de los diferentes grados de conservación de las icnitas del yacimiento. A) Icnita con una preservación buena (izquierda) junto con una icnita con preservación mala (derecha). B) Icnita con preservación mala. C) Icnita con preservación pobre. D) Icnita con preservación buena.



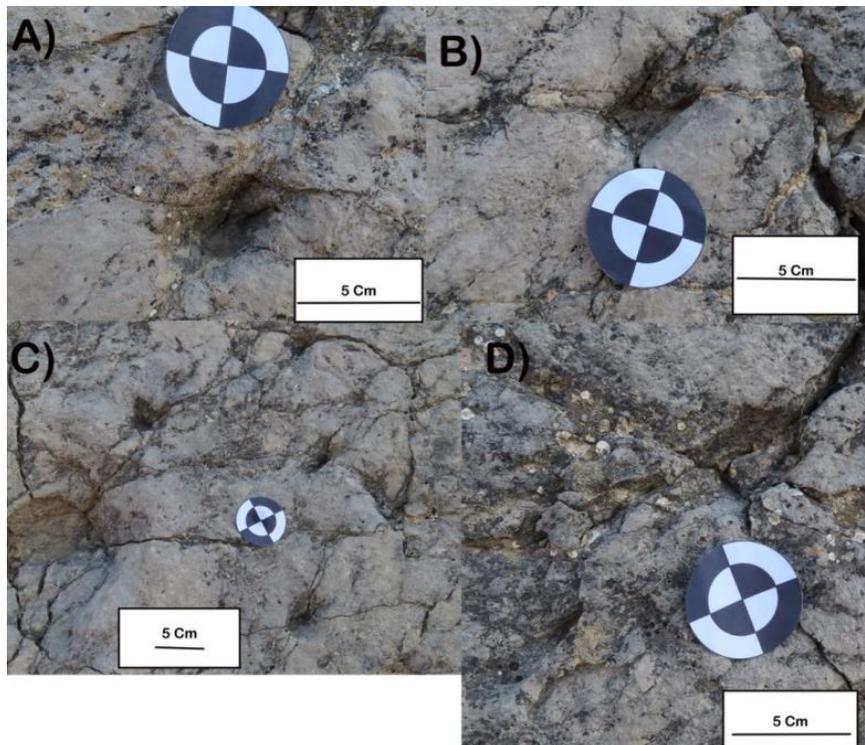
2.4. Icnitas pertenecientes al Morfotipo I (*Anoplotheriopus* cf. *lavocati*). Las huellas A) y D) presentan un grado de preservación buena. En cambio B) y C) presentan un grado malo. Además en el caso de la icnita presentado en C) se distingue la marca del talón seguramente producto de un sustrato más blando. E) Impresión de una mano pisada posteriormente por el pie.



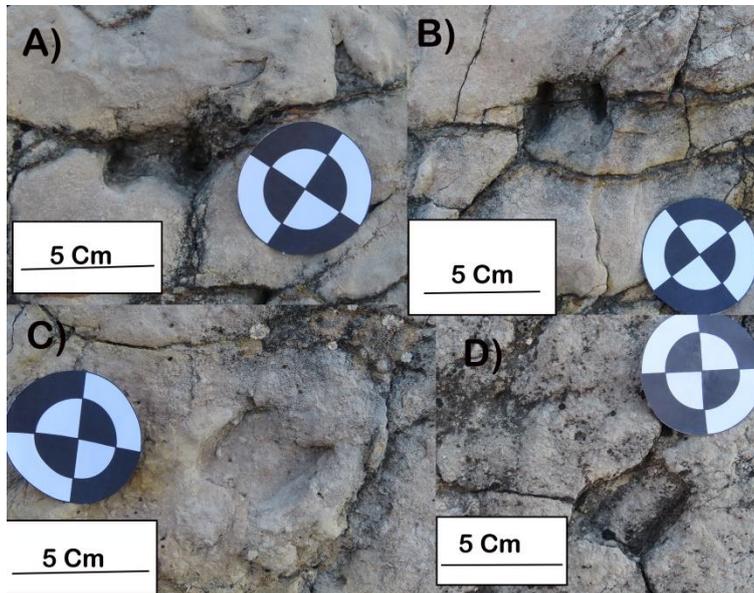
2.5. Icnita asociada a *Anoplotheriipus* cf. *lavocati* junto con una posible icnita perteneciente a *Anoplotheriipus compactus*. Se observa una diferencia entre sus morfologías al ser *A. lavocati* más alargada que la *A. compactus*.



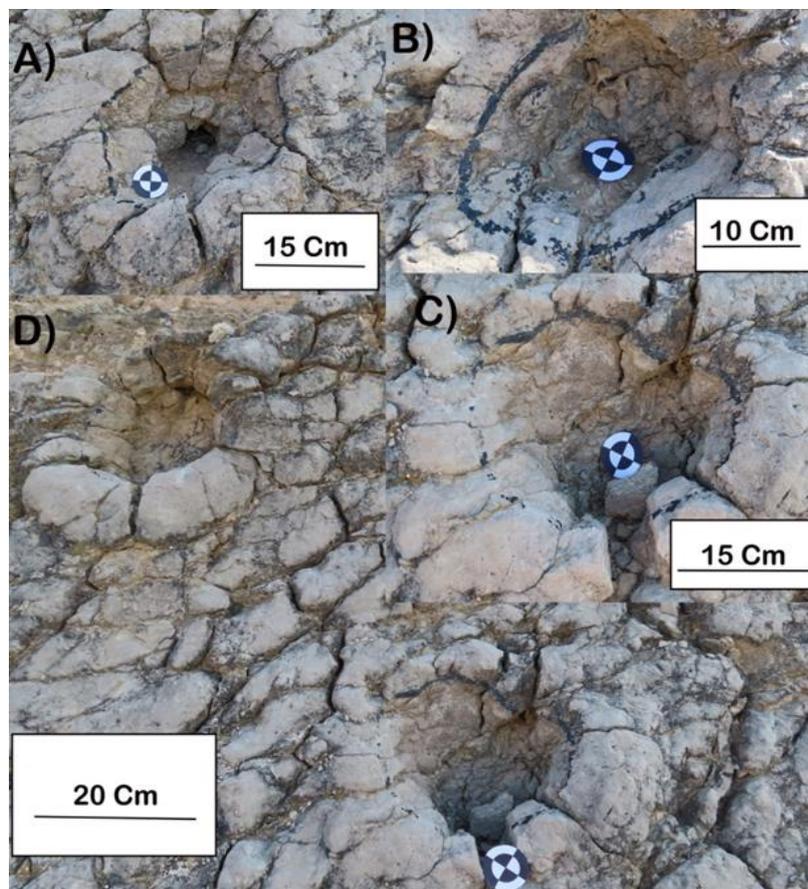
2.6. Icnitas pertenecientes a *Anoplotheriipus* isp. A) y B) presentan una preservación perfecta. C) Icnitas de *Anoplotheriipus* isp entorno a una icnita de *Anoplotheriipus* cf. *lavocati*. D) Icnita de *Anoplotheriipus* isp con una preservación mala



2.7. Icnitas pertenecientes a *Entelondontipus cf. viai*. A) y B) Icnitas con una conservación buena. C) Icnita con conservación pobre, esta poco marcada pero se distingue las morfologías características. D) Icnita con conservación pobre, morfología conservada pero se encuentra afectada por fracturas posteriores.



2.8. Icnitas pertenecientes al morfotipo G. A) y B) Icnita con mala preservación y morfología subredondeada. C) Única icnita del morfotipo G con morfología tridáctila. D) Posición de la icnita C junto con la icnita A en el yacimiento.



3. Medidas de las Icnitas

Huella	Longitud	Anchura	Profundidad	Tipo	Rastros
1	11	4	1	I	
2	16,5	8	5	I	
3	20	11	8	I	Rastro 1
4	15	11	6	I	Rastro 1
5	17	11	4	I	Rastro 1
6	12	8	6	I	
7	19	11	5	I	Rastro 2
8	16	11	4	I	Rastro 2
9	11	11	4	I	Rastro 2
10	20	11	6	I	
11	13	8	5	I	Rastro 3
12	14	8	7	I	Rastro 3
13	14	8	7	I	Rastro 3
14	15	8	6	I	Rastro 3
15	15	15	Frag	I	Rastro 3
16	17	11	4	I	
17	13	10	1	I	
18	15	12	8	I	
19	10	9	5	I	
20	13	9	5	I	Rastro 4
21	13	9	5	I	Rastro 4
22	13	12	9	I	Rastro 4
23	17,5	12	8	I	Rastro 4
24	14,5	9	9	I	Rastro 4
25	16	7	9	I	Rastro 4
26	17	11	Frag	I	Rastro 4
27	13	11	6	I	
28	14	11	9	I	
29	3-2,5	3-0,5	1	II	
30	3-2,0	3-0,5	1	II	
31	19	11	6	I	
32	3,5-3	3-0,5	1	II	
33	5	3	1	III	
34	5,5	2,5	1	III	
35	3,5	2,5	1	III	
36	16	11	8	I	
37	17	13	8	I	
38	2-2,0	3-0,5	1	II	
39	16	12	4	I	Rastro 5
40	14	13	5	I	Rastro 5
41	13	13	5	I	Rastro 5
42	13	11	8	I	Rastro 5
43	13	12	8	I	Rastro 5

44	13	14	8 I	Rastro 5
45	14	12	9 I	Rastro 5
46	14	13	9 I	Rastro 5
47	16	12	9 I	
48	12	10	5 I	
49	11	9	4 I	
50	16	9	5 I	Rastro 6
51	18	11	6 I	Rastro 6
52	16	9	6 I	Rastro 6
53	16	9	6 I	Rastro 6
54	18	10	6 I	
55	18	11	10 I	
56	10	5	4 I	
57	13	9	4 I	
58	17	8	5 I	
59	4-4,0	3-1,0	1 II	
60	20	13	8 I	
61	18	7	4 I	
62	4	2,5	1,5 III	
63	5	3	1 III	
64	5-4,0	3-1,0	1 II	
65	3	4	2 III	
66	5	3	1 III	
67	5	2	2 III	
68	4	3	1 III	
69	13	9	4 I	
70	2	10	5 I	
71	15	7	8 I	
72	16	10	9 I	
73	14	8	6 I	
74	20	9	6 I	
75	26	10	8 I	Rastro 7
76	26	10	9 I	Rastro 7
77	20	10	7 I	Rastro 7
78	23	8	5 I	Rastro 7
79	12,5	9	2 I	
80	18	8,5	1 I	
81	5	4	1 III	
82	3-2,0	3-1,0	1 II	
83	4	2	2 III	
84	4-3,0	3-0,5	1 II	
85	3-2,2	4-0,5	1 II	
86	6	3	1,5 III	
87	5	3	1 III	
88	4-3,0	2-0,5	1 II	
89	4	3,5	1 III	

90	3	2	2	III	
91	3-3,0	3-1,0	1	II	
92	16	9	8	I	
93	16	10	8	I	
94	16	9	2	I	
95	14	6,5	3	I	
96	13	12	5	I	
97	16	11	7	I	
98	15	6	5	I	
99	17	10	4	I	
100	19	12	8	I	
101	10	11	6	I	
102	11	12	6	I	
103	18	12	Frag	I	
104	17	12	Frag	I	
105	15	11	8	I	Rastro 8
106	15	10	6	I	Rastro 8
107	17	10	7	I	Rastro 8
108	16	9	7	I	Rastro 8
109	5	2	1	III	
110	5	3	1	III	
111	2-1,5	1-0,2	1	II	
112	20	11	5	I	
113	23	12	7	I	
114	20	10	8	I	
115	18	15	6	I	
116	20	13	6	I	
117	19	12	8	I	
118	17	11	7	I	
119	18	12	4	I	
120	18	12	6	I	
121	17	10	7	I	
122	21	11	10	I	
123	18	12	7	I	
124	22	10	11	II	
125	17	12	5	I	
126	19	14	5	I	
127	19	11,5	4	I	
128	17	12	6	I	
129	22	11	Frag	I	
130	18	9	Frag	I	
131	17	9	9	I	
132	19	9	10	I	
133	20	12	11	I	
134	24	12	9	I	
135	18	12	5	I	

136	13	10	5	I	
137	19	11	4	I	
138	18	10	4	I	
139	17	10	6	I	
140	19	11	7	I	
141	16	11	3	I	
142	18	11	10	I	
143	16	11	6	I	
144	18	11	9	I	
145	19	12	9	I	
146	19	12	9	I	Rastro 9
147	16	9	8	I	Rastro 9
148	18	9	8	I	Rastro 9
149	17	10	8	I	Rastro 9
150	16	10	8	I	Rastro 9
151	20	10	8	I	Rastro 9
152	18	11	8	I	Rastro 9
153	18	10	7	I	Rastro 9
154	21	12	10	I	Rastro 10
155	19	12	10	I	Rastro 10
156	15	7	8	I	Rastro 12
157	17	10	8	I	Rastro 12
158	19	7	9	I	Rastro 12
159	15	7	7	I	
160	16	10	5	I	Rastro11
161	16	11	3	I	Rastro 11
162	18	9	10	I	Rastro 10
163	18	8	7	I	Rastro 12
164	12	6	8	I	
165	21	13	6	I	Rastro 10
166	17	8	6	I	Rastro 12
167	12	9	3	I	
168	14	10	4	I	
169	17	10	6	I	Rastro 10
170	17	9	8	I	Rastro 10
171	18	11	6	I	
172	16	10	8	I	Rastro 10
173	19	13	2	I	
174	19	11	2	I	
175	20	11	3	I	rastro 13
176	18	10	10	I	
177	18	10	10	I	
178	20	10	5	I	rastro 13
179	17	11	4	I	
180	23	13	6	I	
181	15	7	9	I	

182	16	11	6	I	rastro 14
183	6	6	1	III	
184	7	4	1	III	
185	5	4	1	III	
186	15	9	2	I	
187	14	6	3	I	
188	17	11	7	I	rastro 13
189	17	10	3	I	
190	3-2,5	2,5-0,5	1,5	I	
191	6	3	3	III	
192	3-3,0	4-1,0	1	II	
193	18	12	5	I	
194	17	10	3	I	
195	18	9	2	I	
196	19	11	1	I	
197	3,5-2,5	4-1,5	1	III	
198	16	11	5	I	rastro 13
199	16	10	9	I	rastro 13
200	18	10	10	I	rastro 13
201	18	10	5	I	rastro 13
202	20	11	5	I	rastro 14
203	20	12	frag	I	
204	17	11	5	I	rastro 14
205	13	11	3	I	
206	23	16	12	G	rastro 15
207	16	9	6	I	rastro 13
208	19	19	frag	G	rastro 15
209	16	11	1	I	
210	22	16	frag	I	
211	5	3	1	TRI	
212	29	22	Frag	G	rastro 15
213	17	12	3	I	rastro 13
214	15	11	2	I	
215	3-3,0	3-1,0	1	II	
216	4	2,5	2	III	
217	20	15	7	G	rastro 15
218	19	21	frag	G	rastro 15
219	16	10	4	I	rastro 13
220	16	8	2	I	
221	3-3,0	3-1,0	1	II	
222	4	2,5	2	III	
223	3-1,5	3-1,0	1	II	
224	18	11	8	I	rastro 13
225	15	12	6	I	
226	20	11	6	I	
227	19	11	6	I	rastro 16

228	15	9	6	I	
229	18	11	5	I	rastro 16
230	15	9	5	I	
231	19	13	8	I	rastro 16
232	18	10	5	I	
233	6	3	2	III	
234	15	10	5	I	
235	13	11	2	I	
236	19	12	1	I	
237	14	8	2	I	
238	19	15	3	I	
239	18	10	2	I	
240	17	11	2	I	
241	8	11	5	I	
242	16	7	5	I	
243	16	12	2	I	
244	14	11	2	I	
245	17	9	5	I	
246	16	13	3	I	
247	9	6	4	I	
248	12	8	2	I	
249	9	7	3	I	
250	9	8	4	I	
251	17	12	4	I	rastro 17
252	19	10	4	I	rastro 18
253	19	10	3	I	rastro 17
254	14	10	1	I	
255	13	10	1	I	
256	14	11	2	I	
257	16	10	4	I	
258	12	9	3	I	
259	12	10	6	I	
260	12	14	1	I	
261	5	4	1	III	
262	13	8	2	I	
263	10	8	2	I	
264	10	7	3	I	
265	10	8	6	I	
266	14	8	7	I	
267	10	7	4	I	
268	10	6	7	I	
269	11	8	8	I	
270	13	8	8	I	
271	10	9	4	I	
272	10	8	5	I	
273	9	6	4	I	

274	10	7	2	I	
275	12	9	4	I	
276	13	9	2	I	
277	13	8	2	I	
278	3-2,0	3,5-1,5	1	II	
279	8	6	1	I	
280	3,5	2,5	1	I	
281	3-3,0	2-0,5	1	II	
282	4	2	1,5	III	
283	3,5-2,0	4-1,0	1	II	
284	3	3	1	III	
285	5	4	1,5	III	
286	6	2	2	III	
287	6	2	2	III	
288	6	2	2	III	
289	4	2	2	III	
290	3-3,5	3-3,0	1	II	
291	4	2	2	III	
292	2-2,5	3-1,0	1	II	
293	22	13	4	I	
294	14	8	6	I	
295	12	8	6	I	
296	20	8	6	I	
297	20	11	3	I	
298	16	8	4	I	
299	16	8	6	I	
300	19	14	3	I	
301	12	6	4	I	
302	15	7	3	I	
303	11	6	5	I	
304	13	11	5	I	
305	14	8	2	I	
306	18	15	4	I	
307	11	10	6	I	
308	13	8	5	I	
309	11	7	4	I	
310	16	7	5	I	rastro 18
311	18	9	6	I	
312	18	11	2	I	
313	13	8	5	I	
314	13	9	3	I	
315	11	6	5	I	rastro 18
316	10	6	2	I	
317	11	10	5	I	
318	14	8	2	I	rastro 17
319	16	9	4	I	

320		5	5	2	I	
321		17	6	6	I	rastro 18
322		4	2,5	1	III	
323	X		X		X	
324		16	13	2	I	
325		18	9	4	I	rastro 17
326		10	9	3	I	
327		9	5	4	I	
328		14	7	8	I	rastro 18
329		5	3	1	III	
330		4	3	2	III	
331		18	15	4	I	
332		14	7	5	I	
333		17	11	3	I	rastro 17
334		14	8	2	I	
335		18	10	4	I	rastro 17
336		20	12	4	I	
337		16	9	7	I	
338		16	10	8	I	
339		18	11	8	I	
340		18	13	3	I	
341		16	10	5	I	
342		17	7	5	I	
343		20	11	6	I	
344		13	9	3	I	
345		13	6	8	I	
346		21	10	8	I	
347		12	8	3	I	
348		15	8	5	I	
349		22	13	9	I	
350		18	11	4	I	
351		13	8	3	I	
352		20	14	8	I	
353		14	8	3	I	
354		16	7	4	I	
355		14	9	4	I	
356		11	7	3	I	
357		9	5	4	I	
358		12	8	4	I	
359		10	7	4	I	
360		20	9	6	I	
361		20	10	6	I	
362		22	12	7	I	
363		18	8	6	I	
364		19	13	4	I	
365		18	12	4	I	

366	14	10	7	I	
367	13	6	3	I	
368	16	14	2	I	
369	19	6	5	I	
370	14	7	6	I	
371	19	15	7	I	
372	12	6	6	I	
373	10	6	5	I	
374	16	8	4	I	rastro 19
375	19	15	7	I	
376	16	10	4	I	rastro 19
377	22	13	4	I	
378	17	11	5	I	
379	20	13	4	I	rastro 19
380	21	13	4	I	rastro 19
381	17	10	3	I	
382	16	7	6	I	
383	22	13	3	I	rastro 19
384	15	11	5	I	
385	13	6	6	I	
386	12	7	4	I	
387	10	6	5	I	
388	22	12	3	I	rastro 19
389	15	10	4	I	rastro 20
390	20	12	5	I	rastro 19
391	24	14	5	I	
392	16	12	9	I	rastro 20
393	16	12	7	I	
394	17	11	3	I	
395	18	9	3	I	
396	23	10	4	I	rastro 21
397	23	10	5	I	rastro 21
398	5	3	1	III	
399	10	5	1	III	
400	7	4	1	III	
401	5	3	1	III	
402	4	4	1	III	
403	4	4	1	III	
404	7	5	1	III	
405	3	3	1	III	
406	5	4	2	III	
407	5	2	1	III	
408	4	2	1	III	
409	8	4	1	III	
410	5	3	2	III	
411	4	3	1	III	

412	4	3	2	III	
413	3,5	2	2	III	
414	5	4	2	III	
415	5	3	2	III	
416	4	4	1	III	
417	5,5	3,5	1	III	
418	5	4	1	III	
419	4-3,0	4-1,0	1	II	
420	4-2,5	3-0,5	1	II	
421	8	5	2	III	
422	8	5	1	III	
423	7,5	3	1	III	
424	6	4	1	III	
425	6	4	1	III	
426	5	3	1	III	
427	4	4	1	III	
428	6	4	1	III	
429	6	3	1	III	
430	7	4	1	III	
431	7	5	1	III	
432	6	3	1	III	
433	4	2,5	1	III	
434	3-2,0	3-1,0	1	II	
435	4	3	1	III	
436	6	2	3	III	
437	4	3	1	III	
438	19	8 frag	I		rastro 22
439	20	9 frag	I		rastro 20
440	16	10	6	I	
441	15	6	5	I	
442	12	10 frag	I		rastro 22
443	15	10	6	I	rastro 21
444	20	13	7	I	
445	14	10	6	I	rastro 20
446	14	8 frag	I		rastro 20
447	16	10	7	I	rastro 22
448	20	13	7	I	rastro 21
449	17	13	6	I	rastro 20
450	15	12	6	I	
451	14	10	8	I	rastro 20
452	18	11	2	I	
453	16	12	6	I	
454	21	12	5	I	
455	19	10	6	I	rastro 21
456	22	14	10	I	
457	21	11	3	I	

458	16	11	3	I	
459	18	11	3	I	rastro 22
460	12	10	5	I	
461	20	9	4	I	rastro 22
462	17	10	2	I	
463	18	11	2	I	rastro 21
464	6	3	2	III	
465	8	3	2	III	
466	8	4	1	III	
467	7	3	1	III	
468	5	3	1	III	
469	7	3	1	III	
470	5	4	1	III	
471	3	2	1	III	
472	5	4	1	III	
473	6	4	1	III	
474	7	4	1	III	
475	6	3	1	III	
476	4-3,0	4-1,0	1	II	
477	6	3	1	III	
478	7	4	1	III	
479	5	4	1	III	
480	4,5	3	1	III	
481	3	2	1	III	
482	7	3	1	III	
483	2-2,0	3-1,0	1	II	
484	3	2	1	II	
485	3	3	1	III	
486	10	5	1	III	
487	7	4	1	III	
488	8	6	1	III	
489	9	6	1	III	
490	8	5	1	III	
491	7	7	1	III	
492	2	1	2	III	
493	2-1,5	3-1,0	2	II	
494	7	4	1	III	
495	3	4	1	III	
496	10	6	2	III	
497	21	8	3	I	
498	3	2	1	III	
499	8	5	1	III	
500	5	3	1	III	
501	13	8	5	I	
502	18	12	6	I	
503	21	8	5	I	

504	20	13	6 I	rastro 23
505	15	8	4 I	
506	17	12	6 I	
507	14	8	2 I	
508	14	10	5 I	
509	17	12	6 I	rastro 23
510	21	11	9 I	
511	9	6	3 I	
512	17	6	4 I	
513	21	10	6 I	
514	18	8	6 I	rastro 23
515	16	8	4 I	
516	16	6	3 I	rastro 23
517	15	10	2 I	rastro 26
518	10	8	4 I	
519	8	5	2 I	
520	10	5	4 I	
521	13	7	4 I	rastro 23
522	21	11	7 I	
523	15	9	5 I	rastro 23
524	15	9	6 I	rastro 22
525	21	9	4 I	
526	17	8	3 I	
527	24	7	5 I	
528	18	12	2 I	rastro 22
529	19	10	2 I	
530	6	3	1 III	
531	5	2	1 III	
532	4	1,5	1 III	
533	5	3	1 III	
534	4	3	1 III	
535	7	5	1 III	
536	5	4	1 III	
537	5	2	1 III	
538	3	2	1 III	
539	4	3	1 III	
540	5	4	1 III	
541	3	2	1 III	
542	4	3	1 III	
543	4-3,0	3-1,0	1 II	
544	5	4	1 III	
545	4,5	3	1 III	
546	5	3	1 III	
547	6	3	1 III	
548	6	3	1 III	
549	7	6	1 III	

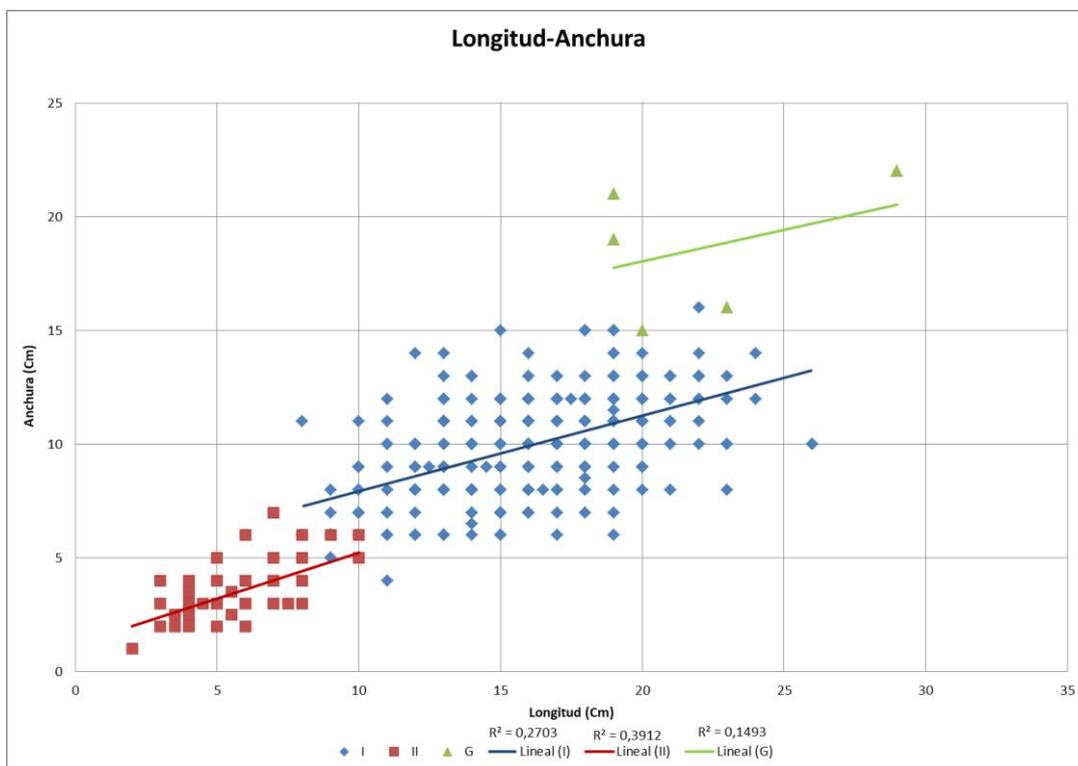
550	9	6	2	III	
551	4	2	1	III	
552	3-2,0	3-1,0	1	II	
553	7	5	2	III	
554	5	3	1	III	
555	8	2	2	III	
556	9	4	1	III	
557	17	9	6	I	rastro 22
558	11	8	4	I	
559	10	7	1	I	
560	14	9	2	I	rastro 25
561	20	13	1	I	rastro 24
562	11	8	2	I	rastro 26
563	19	11	1	I	rastro 25
564	23	12	1	I	rastro 24
565	11	8	6	I	rastro 26
566	12	7,5	2,5	I	rastro 26
567	12	7	1	I	
568	9	8	4	I	rastro 26
569	11	6	3	I	
570	9	4	4	I	
571	22	13	2	I	rastro 24
572	12	6	1	I	
573	19	12	1	I	rastro 25
574	17	12	4	I	
575	22	13	2	I	rastro 24
576	19	12	1	I	rastro 25
577	12	8	5	I	rastro 26
578	13	9	1	I	
579	8	7	4	I	rastro 26
580	15	11	4	I	rastro 26
581	16	10	5	I	rastro 27
582	16	9	1	I	rastro 25
583	14	9	3	I	rastro 28
584	19	6	3	I	
585	5	3	2	I	rastro 28
586	13	9	3	I	
587	9	6	3	I	
588	12	8	7	I	rastro 28
589	12	10	2	I	
590	14	10	3	I	
591	11	7	1	I	
592	14	12	6	I	rastro 28
593	17	8	6	I	
594	17	9	5	I	rastro 27
595	13	8	5	I	

596	16	4	2 I	rastro 27
597	16	6	5 I	rastro 27
598	17	9	5 I	rastro 28
599	14	7	4 I	
600	12	6	3 I	
601	19	7	3 I	rastro 28
602	13	9	4 I	rastro 29
603	14	7	5 I	rastro 29
604	17	7	7 I	rastro 29
605	23	6	5 I	rastro 29
606	22	6	6 I	rastro 30
607	13	7	1 I	
608	17	8	3 I	
609	6	3	2 III	rastro 30
610	16	9	1 I	
611	13	9	1 I	rastro 30
612	11	10	2 I	rastro 30
613	18	8	3 I	
614	16	9	2 I	
615	12	8	2 I	
616	13	9	2 I	
617	12	8	2 I	
618	11	9	1 I	
619	7	5	2 I	
620	13	8	2 I	
621	11	7	2 I	
622	13	9	2 I	
623	13	9	2 I	
624	15	7	4 I	
625	13	5	4 I	
626	12	7	2 I	
627	20	13	2 I	
628	18	12	7 I	
629	18	7	7 I	
630	13	7	4 I	
631	13	10	4 I	
632	14	10	2 I	
633	15	10	2 I	
634	15	9	4 I	
635	15	10	5 I	
636	14	7	5 I	
637	3	4,5	1,5 II	
638	5	6	7 III	
639	4	2,5	2 III	
640	3,5	2	1 III	
641	3,5	2,5	2 III	

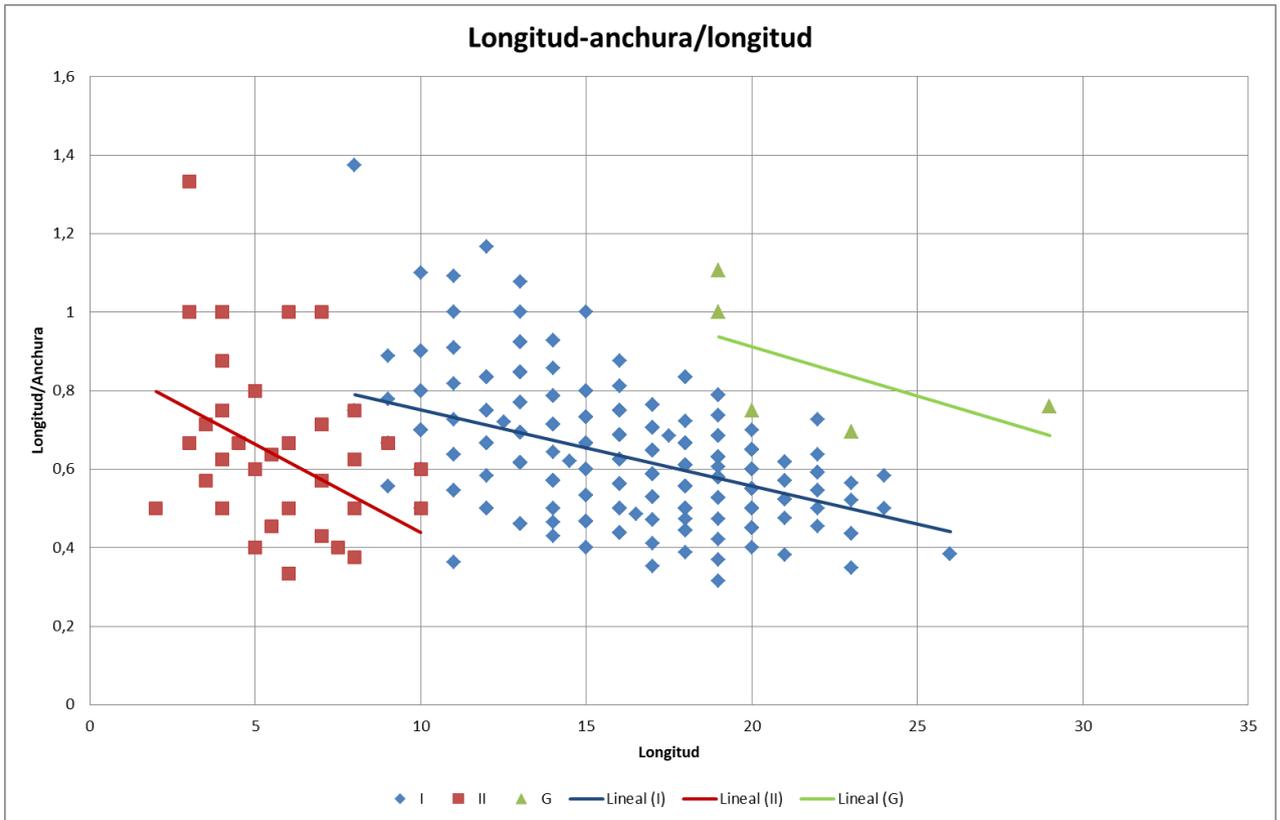
642	16	13	3	I
643	12	7	4	I
644	16	8	4	I
645	5	3	1	III
646	5	2,5	1	III
647	2,5-1,5	3-1,5	1	II
648	13	8	1,5	III
649	13	9	2	III
650	6	3	1	I
651	13	9	2	III
652	4	2	2	III
653	4	3	0,5	III
654	5	2,5	3	III
655	6	3	1	III
656	3-2,5	1,5-0,5	1	II
657	4,5	2	1,5	III
658	3-2,5	3-1,0	1	II
659	2-1,0	3-1,0	1	II
660	4	2	2	I
661	8	2,5	1	I

4. Analisis bivariantes

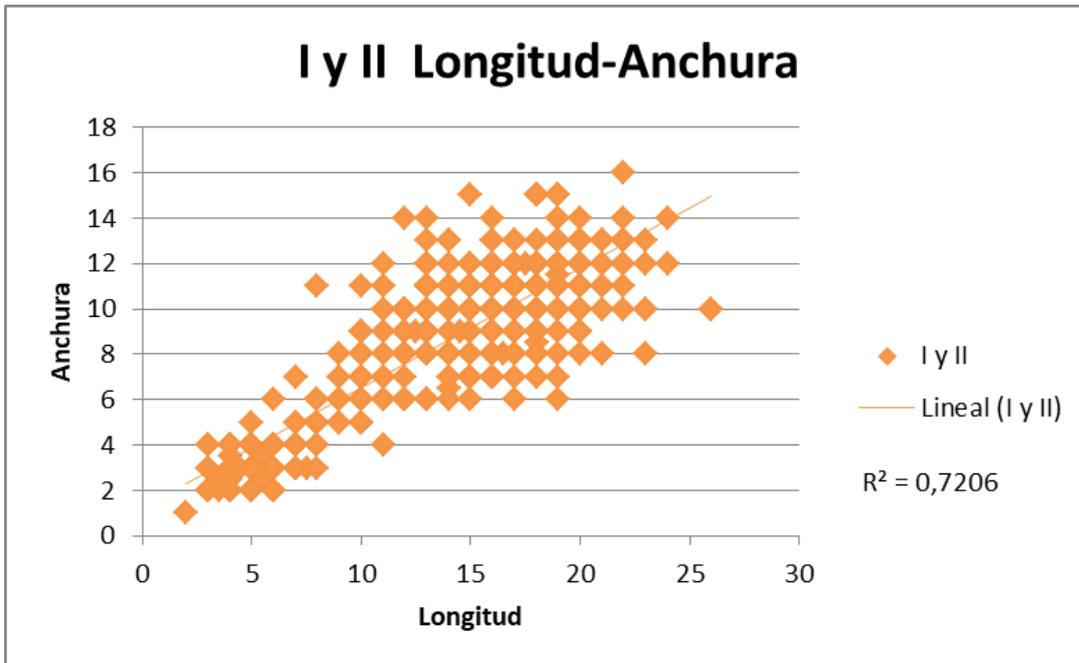
4.1. Gráfico bivariente de las icnitas pertenecientes al tipo I, II y G comparando los valores de Longitud (Cm) y Anchura (Cm)



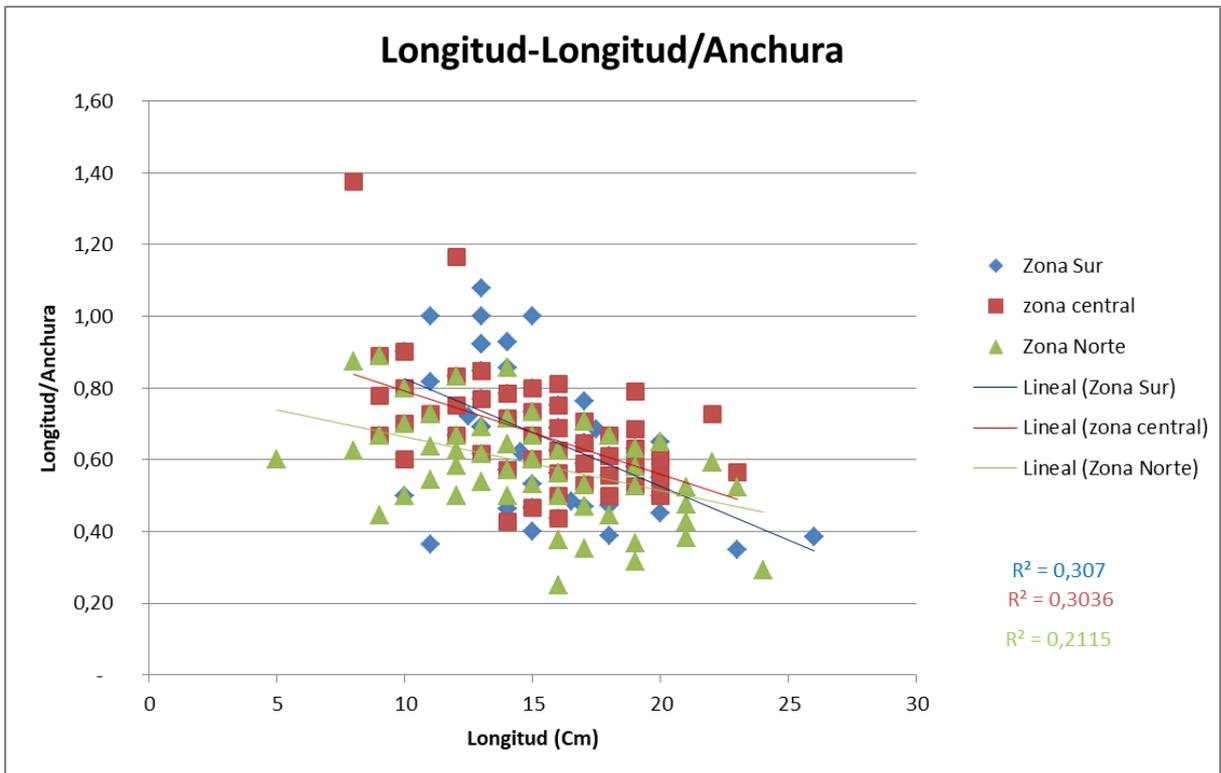
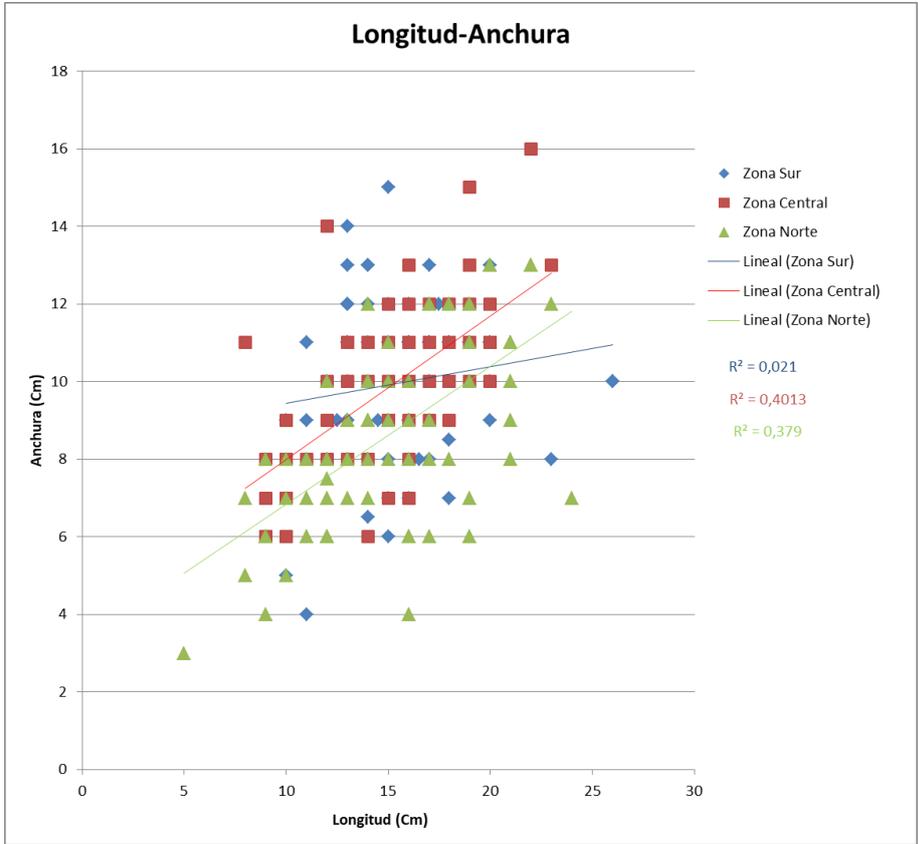
4.2. Gráfico bivariante de las icnitas pertenecientes al tipo I, II y G comparando los valores de Longitud (Cm) y la relación entre Longitud y Anchura.



4.3. Gráfico bivariante de las icnitas tipo I y II comparando los valores de Longitud (Cm) y Anchura (Cm).



4.4. Gráficos bivariantes comparando la relación Longitud(Cm)-Anchura (Cm) (A) y Longitud (Cm)-Longitud/Anchura (B) entre las diferentes partes del yacimiento.



5. Medidas de los rastros

RASTRO	Nº HUELLA	PASO	LONGITUD DEL PASO	ZANCADA	LONGITUD DE ZANCADA
1	3	3-4,	61	3-5,	120
	4	4-5,	60		
	5				
2	7	7-8,	63	7-9,	128
	8	8-9,	66		
	9				
3	11	11-12,	52	11,-13	97
	12	12,-13	47	13-15	90
	13	13-14	51		
	14	14-15	42		
	15				
4	21	21-22	80	21-23	130
	22	22-23	58	23-25	143
	23	23-24	76		
	24	24-25	68		
	25	25-26	74		
	26				
5	39	39-40	49	39-41	90
	40	40-41	45	41-43	92
	41	41-42	51	43-45	91
	42	42-43	45		
	43	43-44	52		
	44	44-45	40		
	45	45-46	50		
	46				
6	50	50-51	57	50-52	113
	51	51-52	63	52-54	120
	52	52-53	59		
	53	53-54	61		
	54				
7	75	75-76	73	75-77	126
	76	76-77	57		
	77	77-78	69		
	78				
8	105	105-106	52	105-107	106
	106	106-107	57		
	107	107-108	55		
	108				
9	140	140-138	58	140-135	98
	138	138-135	49	135-121	98

10	135	135-126	52	121-113	78
	126	126-121	54	113-153	74
	121	121-115	39		
	115	115-113	45		
	113	113-112	35		
	112	112-153	41		
	153	153-154	40		
	154				
	172	172-170	68	172-168	126
	170	170-168	52	168-162	146
	168	168-165	73	162-133	129
	165	165-162	75	133-125	117
	162	162-145	63	125-144	104
	145	145-133	73	144-146	97
	133	133-134	60	146-148	104
	134	134-125	65	148-150	99
	125	125-122	56	150-152	124
	122	122-114	58		
	114	114-x	58		
	x	x-146	48		
11	146	146-147	45		
	147	147-148	62		
	148	148-149	44		
	149	149-150	47		
	150	150-151	50		
	151	151-152	65		
	152	152-153	50		
	153				
	153	161-160	59	161-141	128
	154	160-141	63	141-139	121
	161	141-139	62		
	160	139-136	58		
	141				
12	139	165-163	62	165-158	126
	136	163-158	60	158-156	120
	165	158-157	58		
	163	157-156	63		
158					
13	157	224-219	63	224-213	124
	156	219-213	66	213-201	99
	224	213-207	60	201-199	118
	219	207-201	67	199-188	120
	213	201-200	66	188-175	119
	207	200-199	65		
	201	199-198	50		
	200	198-188	66		

	199	188-178	59		
	198	178-175	63		
	188				
14	178	204-202	56	204-182	119
	175	202-182	55		
15	204				
	202	208-206	64	208-212	112
	182	206-212	64	212-217	123
	208	212-218	70		
	206	218-217	67		
16	212				
	218	227-229	60	227-229	118
	217	229-231	64		
17	227				
	229	335-333	62	335-325	121
	231	333-325	59	325-253	121
	335	325-318	60		
	333	318-253	61		
18	325	253-251	62		
	318				
	253	361-360	58	361-328	133
	251	360-328	64	328-315	129
	361	328-321	68	315-252	137
	360	321-315	62		
19	328	315-310	60		
	321	310-252	65		
	315				
	310	390-388	72	390-383	110
	252	388-383	67	383-379	118
	390	383-380	67	379-374	113
	388	380-379	65		
20	383	379-376	70		
	380	376-374	68		
	379				
	376	389-392	56	389-451	120
	374	392-451	63	451-445	137
	389	451-449	56	445-439	122
	392	449-445	71		
	451	445-446	52		
21	449	446-439	56		
	445				
	446	456-463	56	456-448	128
	439	463-448	70	448-396	144
	456	448-443	56		
	463	443-396	77		
	448	396-397	76		

	443				
22	396	524-529	58	524-557	87
	397	529-557	74	557-461	106
	524	557-459	69	461-442	164
	529	459-461	70		
	557	461-447	71		
	459	447-442	70		
	461	442-438	70		
	447				
23	442	523-521	53	523-516	117
	438	521-516	50	516-509	130
	523	516-514	55		
	521	514-509	59		
	516	509-504	58		
	514				
24	509	571-575	80	571-564	73
	504	575-564	85		
	571	564-561	89		
	575				
25	564	573-582	63	573-576	94
	561	582-576	64	576-560	87
	573	576-563	66		
	582	563-560	68		
	576				
26	563	571-568	40	517-566	118
	560	568-566	42	566-577	98
	517	566-565	50	577-580	100
	568	565-562	50		
	566	562-577	44		
	565	577-579	47		
	562	579-580			
	577				
27	579	597-596	63	597-594	117
	580	596-594	62		
	597	594-581	63		
	596				
28	594	598-601	55	598-592	117
	581	601-592	46	592-585	110
	598	592-588	59		
	601	588-585	45		
	592	585-583	58		
	588				
29	585	602-603	58	602-604	100
	583	603-604	73		
	602	604-605	60		
	603				

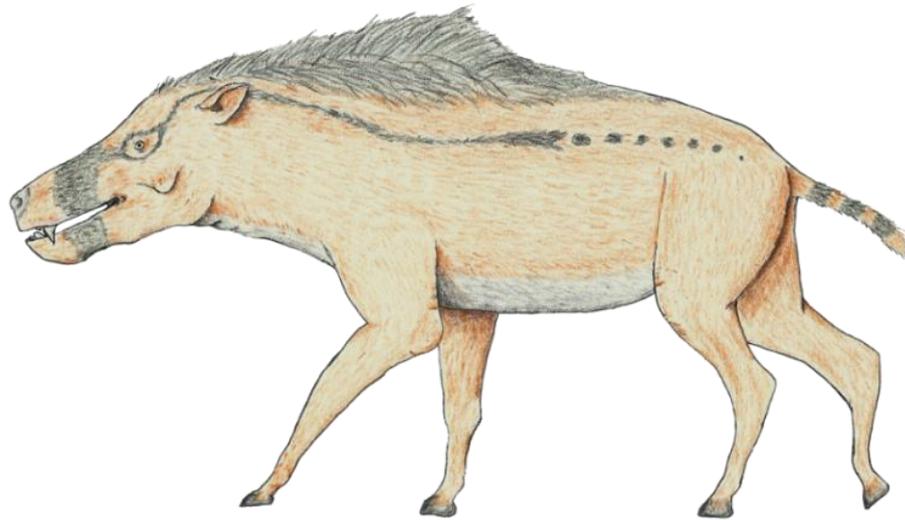
30	604	612-611	65	612-609	82
	605	611-609	61		
	612	609-606	63		
	611				
31	609	626-623	61	626-622	82
	606	623-622	56		
	626	622-627	30		
	623				
	622				
32	621	621-618	50	621-615	101
	618	618-615	47		
	615	615-614	49		
	614				

6. Paleoreconstrucciones

6.1. Reconstrucción de una pareja de *Anoplotherium* cuyas icnitas han sido identificadas en el yacimiento (*Anoplotheriopus*). Dibujo realizado por Sergio López Moreno de la Universidad de Alcalá de Henares.



- 6.2. Reconstrucción de *Entelodon* posible productores de las icnitas identificadas como *Entelodontipus*. Dibujo realizado por Sergio López Moreno de la Universidad de Alcalá de Henares.



- 6.3. Reconstrucción paleoambiental y paleoecológica del yacimiento de Fondota. Dibujo realizado por Sergio López Moreno de la Universidad de Alcalá de Henares.



7. Modelos fotogramétricos

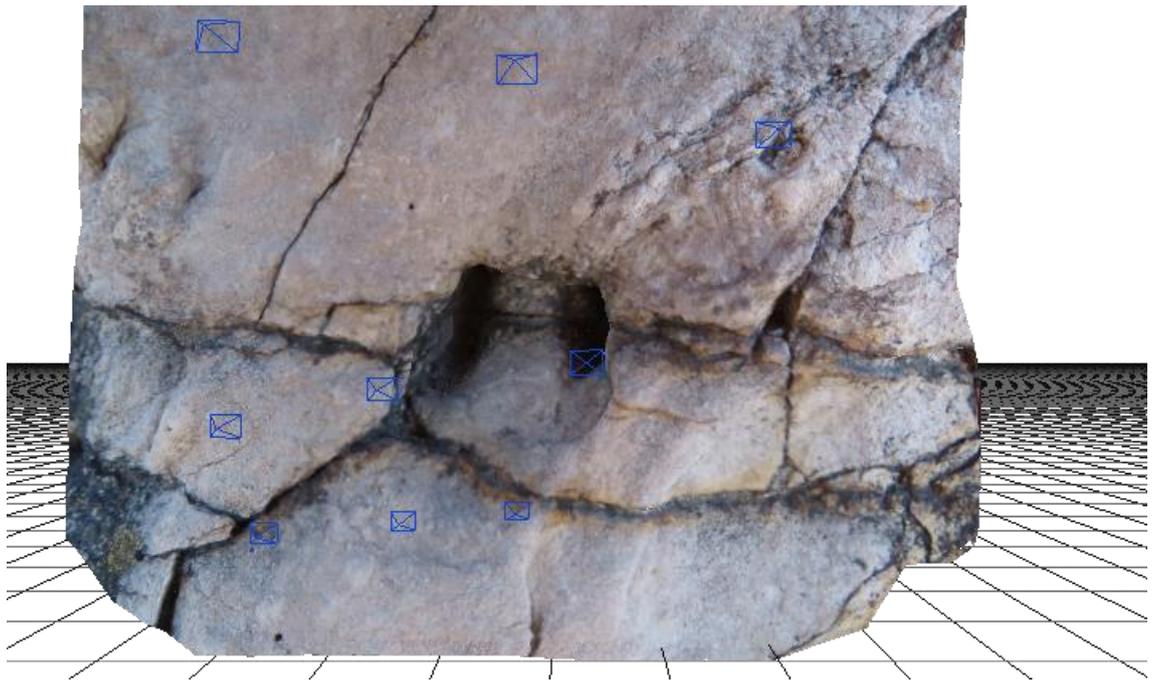
7.1. Modelo *Anoplotheriipus lavocati*.



7.2. Modelo *Anoplotheriipus isp.*



7.3. Modelo *Entolonditpus viai*.



7.4. Modelo Morfotipo G

