

ESTUDIO DE LAS ICNITAS DE
VERTEBRADOS Y EL PALEOAMBIENTE
EN EL QUE SE FORMARON EN LA
FORMACIÓN YESTE-ARRÉS (EOCENO
SUPERIOR, CUENCA DE JACA)

Trabajo Fin de Grado. Grado en Geología

Javier Osácar Tena

2025

Departamento Ciencias de la Tierra



Universidad
Zaragoza

Directores:

María Aránzazu Luzón Aguado

Diego Castanera Andrés

ÍNDICE

1. ABSTRACT.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	1
3. OBJETIVOS.....	2
4. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO.....	2
5. METODOLOGÍA.....	6
5.1. Trabajo de campo.....	6
5.2. Trabajo de gabinete y de laboratorio.....	6
6. RESULTADOS.....	8
6.1. Estratigrafía y sedimentología.....	8
6.1.1. Columna de Arrés.....	8
6.1.2. Principales litofacies e interpretación.....	11
6.2. Icnología sistemática	12
7. DISCUSIÓN.....	18
7.1. Interpretación del paleoambiente.....	18
7.2. Implicaciones paleoecológicas.....	19
7.3. Interrelación icnología-sedimentología.....	20
8. CONCLUSIONES.....	21
9. BIBLIOGRAFÍA.....	22
10. ANEXOS.....	26

1. ABSTRACT

This study presents a detailed ichnological and sedimentological analysis of vertebrate footprints (ichnites) discovered in Bailo (Huesca, Spain) and traced back to the Upper Eocene Yeste-Arrés Formation in the Jaca Basin. Eleven slabs from the town's pavement, along with in situ tracks from a nearby abandoned quarry, were analyzed. The ichnites belong to four different morphotypes, attributed to three herbivorous mammal groups—perissodactyls (*Plagiolophustipus*), artiodactyls (*Megapecoripeda* and cf. *Pecoripeda*)—and one carnivorous form (*Felipeda*). Notably, this study reports for the first time distinct manus (hand) and pes (foot) morphologies in *Plagiolophustipus*, providing new insights into the locomotion and anatomical variability of this ichnotaxon. The ichnological assemblage reflects a diverse faunal community consistent with other European Upper Eocene records. Stratigraphic and facies analysis of the quarry's upper section reveals sedimentary features typical of a fluvially-dominated deltaic system, including distributary channels, interdistributary bays, and overbank deposits. The sedimentological context suggests these animals moved across semi-humid to humid substrates favorable for footprint preservation. The study also highlights a significant temporal extension in the ichnological record of several ichnotaxa, previously known only from Miocene deposits. Overall, the integration of ichnological and sedimentological evidence provides new insights into the paleoecology and depositional environments of the Upper Eocene in the southern Pyrenees.

2. INTRODUCCIÓN

El registro paleoicnológico proporciona información sobre el comportamiento de animales extintos y es una de las mejores formas de realizar inferencias etológicas (Díaz-Martínez *et al.*, 2020; Abbassi *et al.*, 2021). Además, las icnitas aportan información sobre la morfología del autopodio (parte más distal de una extremidad en los vertebrados terrestres) de los productores de huellas y sobre la asociación paleoecológica, y permite revelar la presencia de determinados grupos de vertebrados en un lugar y/o momento específico (Ellenberger, 1980; Neto de Carvalho *et al.*, 2020; Abbassi y Dashtban, 2021).

A lo largo del Paleógeno y especialmente el Eoceno superior, diversos grupos de vertebrados experimentaron una expansión y diversificación. Sus rastros se han preservado en gran variedad de contextos sedimentarios. A pesar de ello, los yacimientos de icnitas de mamíferos del Paleógeno son, por el momento, escasos a nivel global (McDonald *et al.*, 2007; Costeur *et al.*, 2009). No obstante, recientemente se han publicado nuevos datos del suroeste de Europa (Norte de España y Francia) y en España, más concretamente en unidades estratigráficas de las cuencas del Ebro y de Jaca (Rabal-Garcés, 2010; Linares Montes *et al.*, 2022). En ambas existen rocas del Eoceno superior (Rosell *et al.*, 2001) que son clave para reconstruir los cambios paleoambientales asociados a la transición Eoceno-Oligoceno.

En este contexto, el presente trabajo se centra en el estudio de las icnitas de mamíferos de Bailo, Huesca (Rabal-Garcés *et al.*, 2018). En esta localidad se han identificado diferentes tipos de huellas correspondientes a cuatro tipos de mamíferos: dos artiodáctilos (grupo que incluye a cabras, ciervos, o jabalíes entre otros), un perisodáctilo (grupo que incluye a caballos, tapires y rinocerontes) y un carnívoro similar a un félido. Las icnitas fueron descubiertas por Javier Marí (guarda forestal y vecino de Bailo) en varias de las losas del pavimento de la plaza de la localidad. Por la información con la que contamos (Marí,

comunicación personal), se presupone que las losas provienen de una cantera cercana a Arrés, donde además se han identificado icnitas *in situ* (Rabal-Garcés *et al.*, 2018). Esta cantera (ya en desuso) se localiza en materiales de los afloramientos septentrionales de la Formación Yeste-Arrés (Puigdefábregas, 1975), datada como Eoceno superior. Dada la rareza y escasez del registro icnológico de mamíferos eocenos, el estudio de estas icnitas adquiere particular interés. Asimismo, resulta de interés realizar una aproximación a las condiciones sedimentarias que representan las rocas del potencial yacimiento, con el fin de reconstruir el marco paleoambiental.

3. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene dos objetivos principales que se complementan: 1) desarrollar un estudio en detalle de las icnitas encontradas tanto en las losas de la plaza de la localidad de Bailo como en la pequeña cantera próxima a Arrés; 2) llevar a cabo un estudio sedimentológico de los niveles que potencialmente contienen huellas en dicha cantera, todo ello con el fin de elaborar una reconstrucción paleoambiental y paleoecológica. Para conseguir estos objetivos se proponen los siguientes objetivos secundarios:

- a) Reconocimiento y cuantificación de las icnitas y los rastros presentes en las losas, seguido de su interpretación.
- b) Análisis detallado de las icnitas y sus posibles organismos productores.
- c) Levantamiento de una columna estratigráfica en zona de la cantera donde potencialmente se encuentran los niveles de procedencia de las icnitas.
- d) Identificación e interpretación de las litofacies y evoluciones sedimentarias para la posterior interpretación del paleoambiente.

4. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

La localidad de Bailo se encuentra en el noroeste de España, en la provincia de Huesca, a unos 20 km al suroeste de Jaca (Fig. 1), cerca de la carretera A-132. Forma parte de la comarca de la Jacetania, región montañosa al noroeste de la provincia.

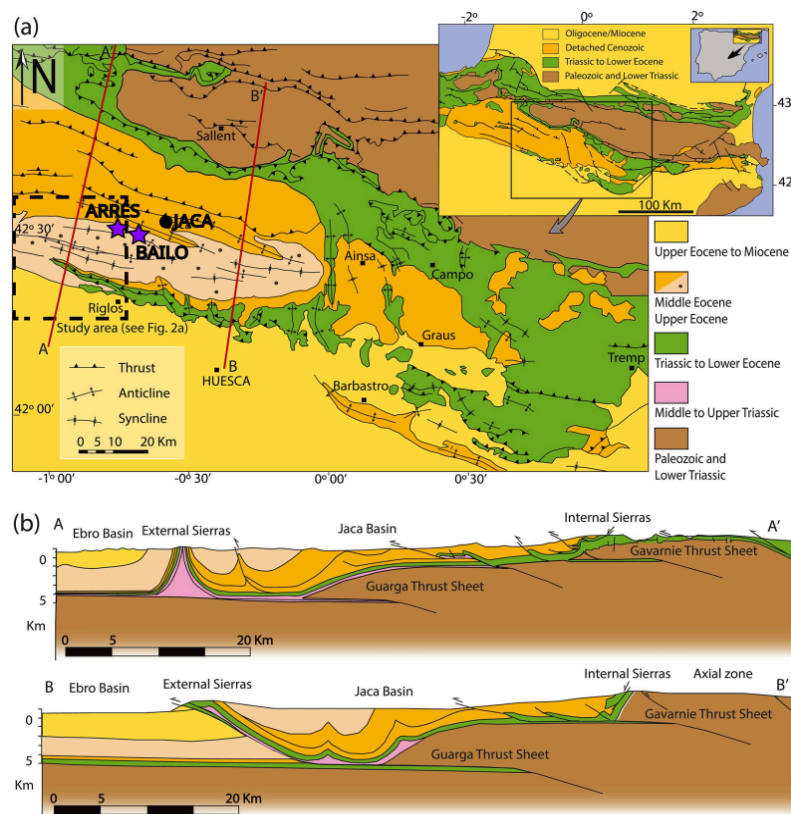


Figura 1. a) Localización de la zona de estudio dentro de la península ibérica; b) Situación de las localidades de Bailo y Arrés en el norte de la provincia de Huesca.

Para llegar a Bailo desde Zaragoza se toma la autovía A-23 en dirección norte hasta Huesca y posteriormente la A-132 en dirección noroeste. Siguiendo esta carretera se atraviesa la localidad de Ayerbe. Tras pasar los Mallos de Riglos se cruza el Embalse de la Peña y antes de llegar a Puente de la Reina, se llega Bailo. Es un recorrido de unos 140 km.

Geológicamente la zona se encuentra en los Pirineos, concretamente en la parte central de la Cuenca de Jaca (Fig. 2). Los Pirineos suponen el límite entre España y Francia y son la cadena montañosa más importante de la península, originada a causa del choque entre las placas ibérica y euroasiática entre el Cretácico superior y el Mioceno (Gutiérrez-Medina, 2007). Dentro de este complejo, el estudio de la Zona Surpirenaica, ha sido clave para comprender la evolución sedimentaria y tectónica a lo largo del proceso de convergencia (Roigé *et al.*, 2016).

Esta zona se caracteriza por un sistema de pliegues y cabalgamientos (Roigé *et al.*, 2016) con vergencia sur que involucran rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas dispuestas sobre un basamento pretriásico (Coll *et al.*, 2022) (Fig. 2). Conforme los cabalgamientos se desplazaban hacia el sur, diversas cuencas sedimentarias se fueron desarrollando en el margen de antepaís sur. La actividad tectónica controló la formación y el relleno de estas cuencas, influenciando la sedimentación, la creación de relieve y de espacio de acomodación (Garcés *et al.*, 2020).



La Cuenca de Jaca es una cuenca de antepaís de tipo *piggyback* paralela al orógeno pirenaico (E-W), es conocida por su registro sinorogénico bien preservado, con edades desde el Paleoceno hasta el Mioceno inferior (Puigdefábregas 1975; Teixell y García-Sanseguendo 1995; Montes Santiago, 2002). La estructura principal subyacente es el manto de corrimiento de Gavarnie (Fig. 2), cuya actividad y desplazamiento fueron determinantes en la historia sedimentaria de la cuenca (Vinyoles i Busquets *et al.*, 2020).

Figura 2: (a) Esquema geológico de la parte sur del Pirineos entre la Zona Axial y la Cuenca del Ebro; marcadas con estrella morada, las localizaciones de Arrés y de Bailo. Nótese la presencia de estructuras con orientación ONO-ESE superpuestas a estructuras más cortas NNO-SSE. (b) Secciones geológicas marcadas en 2a.

Modificado de Calvin *et al.* (2018).

En la Cuenca de Jaca, la migración del frente de deformación queda reflejada en variaciones laterales (E-O) en el estilo e intensidad de la deformación y en la respuesta deposicional (Fig. 3) (Garcés Crespo *et al.*, 2020). Presenta, durante el llerdiense medio a Luteciense, una distribución asimétrica de sistemas deposicionales, típica de cuenca de antepaís marina profunda, con un surco con sedimentación turbidítica al pie del orógeno (Grupo de Hecho) y plataformas carbonatadas (Fm. Guara) desarrolladas en el margen de antepaís, existiendo depósito de margas (Fm. Larrés y Fm. Arguis) en la zona de plataforma externa y talud. Las turbiditas alternan con depósitos de carbonatos resedimentados, destacando megacapas de excepcional espesor (Ten Haff, 1966; Rupke, 1969; 1976; Puigdefábregas y Souquet, 1985; Barnolas y Teixell, 1994) que se disponen en *onlap* sobre el margen distal (Labaume *et al.* 1985; Teixell, 1992). La retrogradación escalonada de las megacapas junto al *onlap* de las turbiditas reflejan la migración de la sedimentación hacia el antepaís. En las turbiditas del Grupo Hecho es difícil establecer una estratigrafía sin atender a las megacapas de carbonatos resedimentados que representan la desestabilización de la plataforma durante eventos sísmicos (Barnolas y Teixell, 1994). Labaume *et al.* (1985) en base a nanoplancton y recientemente Payros *et al.* (1999) con foraminíferos planctónicos, establecen una estratigrafía del Grupo Hecho con la posición de los eventos de resedimentación de carbonatos.

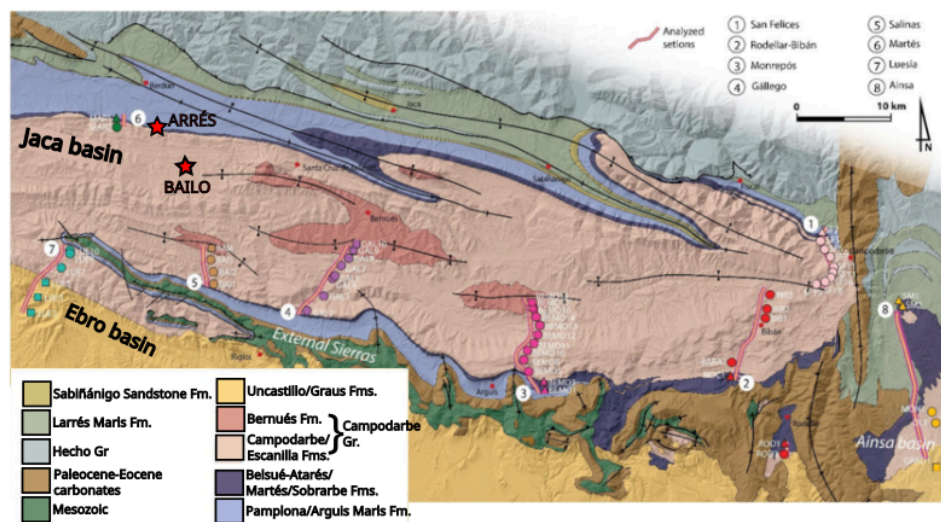
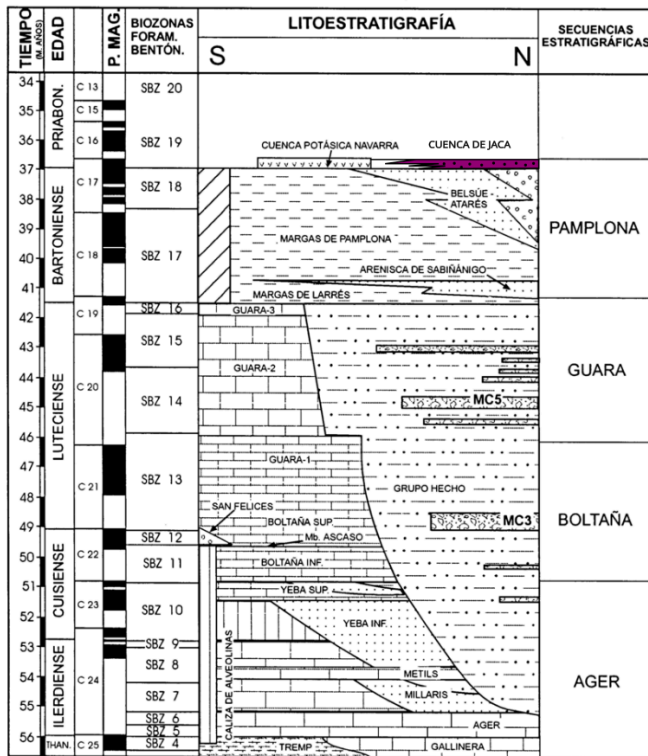


Figura 3: Mapa geológico de la Cuenca de Jaca en el que se muestran las principales unidades estratigráficas, con la localización de Bailo y Arrés. La unidad Yeste-Arrés, de escaso espesor, se encuentra sobre la unidad morada. Modificado de Puigdefábregas (1975).

Debido a condiciones de sobrealimentación, el tránsito Luteciense-Bartoniense marca un cambio paleogeográfico brusco, similar al de la Cuenca Surpirenaica Oriental, con pautas comunes en el tipo y arquitectura de los sistemas sedimentarios que se desarrollan hasta el final de la sedimentación marina (Priaboniense inferior-medio). Desaparecen las turbiditas y se produce (Bartoniense a Priaboniense inferior) la progradación de sistemas deltaicos (Fig. 4) en relación con la somerización de la cuenca (Hehuwat, 1970; Puigdefábregas, 1975) y posteriormente (Priaboniense superior-Oligoceno inferior) la sedimentación fluvial de la Fm. Campodarbe (Puigdefábregas, 1975; Hogan, 1993; Montes Santiago, 2002) en una cuenca ya continental. La progradación de los sistemas deltaicos comienza en el Bartoniense inferior (Arenisca de Sabiñánigo; Remacha *et al.*, 1987), y del Bartoniense superior al Priaboniense inferior existen varias progradaciones (Belsué-Atarés) sucesivas (Barnolas *et al.*, 1992; Millán *et al.*, 1994) que pasan al oeste y sur a margas de talud (Margas de

y



Pamplona y de Arguis). Un nuevo aporte de materiales siliciclásticos se relaciona con las areniscas de Arrés, que pasan al sur a materiales carbonatados (Yeste). La secuencia culmina con la sedimentación de facies evaporíticas (Fm. Salina de Pamplona) al oeste.

Figura 4: Esquema cronoestratigráfico secuencias estratigráficas de la Cuenca de Jaca, en morado, la unidad Yeste-Arrés. Modificado de Barnolas y Gil-Peña (2001).

El contexto de la cantera de Arrés, está definido por la presencia de la Arenisca de Yeste-Arrés (Fig. 5), de edad Eoceno superior (Montes Santiago, 2002), lateral de la parte superior de la Fm. Pamplona. En esta zona buza notablemente

hacia el sur y forma parte de un pliegue sinclinal de dirección Este-Oeste. En la memoria de la hoja 176 de la serie Magna (Teixell, 1994), se define como una unidad siliciclástica, integrada por areniscas de grano fino que se disponen en paquetes métricos con numerosas cicatrices internas y estructuras internas (laminación paralela y probablemente tipo "hummocky"). Existen también ripples de oleaje. Se interpreta como depositada en un ambiente transicional que marca la última progradación y el paso a ambientes continentales (Puigdefábregas, 1975; Montes Santiago 2002).

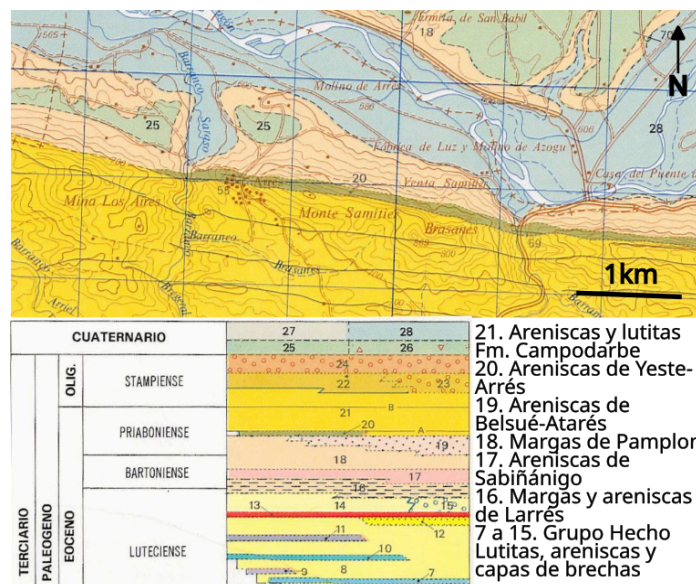


Figura 5. Recorte de la hoja 176 (Jaca) del mapa geológico de la serie MAGNA (escala 1:50000) con columna de la zona de Arrés. 20 (Priaboniense): unidad Yeste-Arrés.

5. METODOLOGÍA

Para poder alcanzar los objetivos del trabajo se han utilizado diversos métodos.

5.1. Trabajo de campo

Se procedió a la localización y recuento de las losas del pavimento de Bailo con posibles icnitas para después retirar las más representativas y depositarlas provisionalmente para su estudio en el Dpto. de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza. Se han recuperado 11 losas, incluyendo la mayoría de las icnitas figuradas en Rabal-Garcés *et al.* (2018) (ver Anexo I). También se llevó a cabo una prospección de icnitas en la cantera de Arrés, tratando de identificar las litologías observadas en las losas y la presencia de niveles con huellas *in situ*. Durante esta búsqueda, se identificó el nivel con icnitas citado en Rabal-Garcés *et al.* (2018) y una de las icnitas (fig. 10b de dicho trabajo) se recuperó parcialmente. Además, se revisó una laja recuperada en 2013 en la cantera.

Asimismo, se ha realizado una columna estratigráfica centrada en la parte alta de la cantera de Arrés, donde se encontraron las icnitas. La columna se sitúa al oeste de la localidad del mismo nombre y a unos 7 km de Bailo, desde donde se accede por la A-132 en dirección hacia el norte y tomando un desvío hacia el oeste para después seguir por la pista que pasa al lado de la cantera; desde ella se puede ver Arrés en lo alto. Sus coordenadas UTM son 30T 678191,26; 4713752,51 m. Se ha atendido a la litología y textura de los materiales, geometría y potencia de los estratos y la existencia de estructuras sedimentarias.

5.2. Trabajo de gabinete y de laboratorio

Durante el trabajo se consultó bibliografía relacionada con los materiales y temática a estudiar.

Para obtener información al respecto de la naturaleza del descubrimiento de las icnitas en el empedrado de la plaza de Bailo, fueron preparadas una serie de preguntas que Javier Marí, autor del hallazgo, contestaría por correo (Anexo II).

En laboratorio se atribuyó a cada una de las lajas extraídas del empedrado una sigla siguiendo la estructura “BA-número” si provenían de Bailo y “AR-número” si provenían de la cantera de Arrés. Con él se han registrado en una base de datos (ver tablas en Anexo I) apuntado la información referente al número de icnitas, tipo de icnitas, posible productor y clasificación icnotaxonómica (Tabla I) y clasificación por litotipos, con sus correspondientes observaciones litológicas (Tabla II). Se realizó la medición del material icnológico para elaborar una primera descripción que ha permitido su identificación y clasificación.

La descripción de las icnitas se realizó mediante la documentación de los aspectos morfométricos y morfológicos, de cada huella aislada. Esta metodología se basa en protocolos icnológicos consolidados (e.g. Leonardi, 1987 y Albright *et al.*, 2000) y en enfoques recientes como los aplicados por Linares Montes *et al.* (2022) en el yacimiento de La Sagarreta (Huesca).

Para la medición de las icnitas se han tenido en cuenta varios factores (Fig. 6). Se tomaron las siguientes medidas con cinta métrica, regla, escuadra, cartabón y calibre electrónico: longitud (L), anchura (W), longitud y anchura de la almohadilla metapodial (L0 y W0),

longitudes y anchuras individuales los dedos visibles (LI, LII, LIII, LIV LV y WI, WII, WIII, WIV y WV), longitudes totales de los dedos individuales medidas desde el talón de la huella hasta la punta de cada dedo (LTII, LTIII, LTIV), ángulos interdigitales ($II^{\wedge}III$, $III^{\wedge}IV$, $IV^{\wedge}V$), profundidad de la pisada (profunda o somera), relación longitud/anchura y si es huella real o contramolde. Estas mediciones permitieron establecer proporciones y relaciones morfológicas útiles para la identificación de los icnotaxones.

Se hizo un análisis morfológico cualitativo, analizando visualmente los siguientes rasgos: número de dedos y disposición; forma general; simetría o asimetría; estado de conservación (borde definido, deformaciones, etc.); modo de preservación, utilizándose el término huella real para icnitas con relieve negativo y el término contramolde para icnitas con relieve positivo. También se ha tratado de determinar si cada pisada fue producida con el pie/mano derecho o izquierdo.

Por último, se realizó la asignación icnotaxonómica. Cuando fue posible, las icnitas se compararon con icnotaxones descritos previamente en la literatura. Se propusieron posibles productores atendiendo a la descripción morfológica y al contexto faunístico.

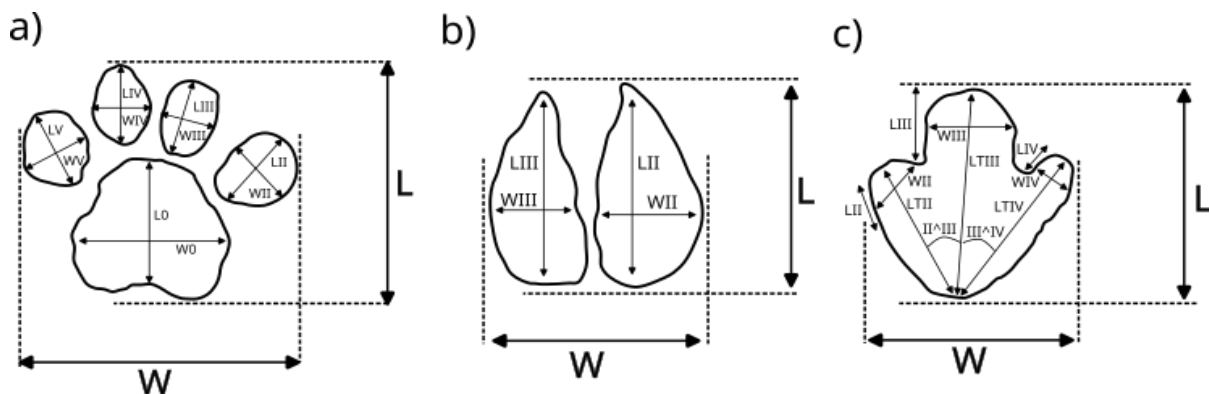


Figura 6: Esquemas que muestran cómo se tomaron las medidas de cada tipo de icnitas: a) de las huellas de carnivoramorfos; b) de las huellas de artiodáctilos y c) de las huellas de perisodáctilos. Las medidas de LT y ángulo interdigital señaladas en la icnita perisodáctila son aplicables a las otras dos.

Se ha realizado un análisis de facies. A partir de la litología, color y textura de los materiales en campo así como de la existencia de estructuras sedimentarias se han diferenciado un conjunto de litofacies, que han sido interpretadas atendiendo a los procesos sedimentarios. Ello permitió, más adelante, relacionar las características de las losas de Bailo con los materiales que afloran en la columna. Dado que dominan las facies terrígenas, se ha considerado la clasificación de Miall (1978) que se basa en la utilización de símbolos sencillos, que incluyen una letra mayúscula asociada a una litología (G: grava, S: arenisca; F: lutita) y una letra minúscula que se refiere al ordenamiento y características internas de la litología en cuestión.

A partir de las litofacies identificadas y de sus relaciones verticales se han identificado evoluciones secuenciales a diferentes escalas, lo que permite realizar una aproximación al medio de sedimentación y a su evolución en el tiempo. Para la interpretación sedimentológica se han utilizado manuales básicos de sedimentología (e.g. Arche *et al.*, 1992; Walker y James, 1992) y los apuntes de la asignatura Procesos y Medios Sedimentarios cursada en el segundo año de la carrera.

6. RESULTADOS

6.1. Estratigrafía y sedimentología

En este apartado se describen las características estratigráficas del afloramiento estudiado en Arrés, que proporcionará el contexto paleoambiental necesario para interpretar los niveles con icnitas. El estudio se centró en la parte superior de la serie que aflora en la cantera (Fig. 7), ya que fue en esta zona donde se halló un nivel con icnitas (Rabal-Garcés *et al.*, 2018), incluyendo una de las icnitas (AR-2) objeto de este trabajo.



Figura 7: Fotografía de la cantera de Arrés. El estudio se centró en la zona con icnitas *in situ*.

6.1.1. Columna de Arrés

Se ha levantado una columna estratigráfica (Fig. 8) en la que de base a techo se han identificado los siguientes tramos:

Tramo 1: 1 m. Areniscas grises con intercalaciones de lutitas beige.

Las areniscas, de grano medio, se disponen en estratos tabulares, o en ocasiones con base ligeramente erosiva, de espesor decimétrico. En la parte alta del tramo podemos encontrar ripples asimétricos. Además, presentan restos de materia orgánica (Fig. 9a).

Las lutitas, masivas, se presentan en capas tabulares de unos 10 cm de potencia máxima.

Estas litologías forman secuencias granodecrecientes de espesor generalmente decimétrico con areniscas en la base y lutitas a techo.

Tramo 2: 0,8 m. Alternancia de lutitas grises y areniscas beige.

Las areniscas aparecen en estratos tabulares de unos 10 cm de potencia, de grano medio a fino. En la base presentan ripples asimétricos (alguno simétrico) y a techo, laminación horizontal.

Las lutitas aparecen en estratos ligeramente más potentes que los de areniscas. En la parte superior se encuentran laminadas (Fig. 9b) y se aprecian grietas de desecación.

Este tramo está formado por secuencias granodecrecientes de espesor decimétrico con areniscas en la base y lutitas a techo.

En la parte intermedia de este tramo, en un nivel de arenisca de unos 2 centímetros de espesor se ha localizado la icnita in situ (Fig. 9c) que aparece como figura 10b en Rabal-Garcés *et al.* (2018).

Tramo 3: 1,6 m. Areniscas grises con escasas lutitas beigeas intercaladas, especialmente hacia la mitad del tramo.

Las areniscas se agrupan en dos conjuntos de estratos tabulares de grano medio a fino, con espesores máximos de 30 cm. Hay presencia de ripples asimétricos y rara estratificación cruzada y laminación paralela.

En este tramo, las lutitas aparecen representadas por alguna intercalación milimétrica y una masiva decimétrica en el centro del tramo.

Estas litologías forman secuencias granodecrecientes de espesor cm-dm con areniscas con laminación horizontal en la base, ripples asimétricos a techo y un nivel de lutitas en la parte superior (Fig. 9d). El conjunto superior es estratocreciente.

Tramo 4: 1,1 m. Alternancia de lutitas grises y areniscas beigeas.

Las lutitas, masivas, aparecen en capas tabulares de unos 15 cm de potencia.

Las areniscas, de grano grueso a fino, aparecen en estratos tabulares, de 15 a 3 cm de espesor, a veces granodecrecientes. Hacia base los estratos son más potentes y hacia techo se reconocen ripples asimétricos.

Estas litologías forman secuencias granodecrecientes de espesor decimétrico con areniscas en la base y lutitas a techo. También hay alguna granocreciente.

Tramo 5: 0,5 m de areniscas grises.

Son de grano grueso a muy grueso y forman estratos tabulares con ripples asimétricos. El tramo consiste en una secuencia estrato y granocreciente que lateralmente disminuye de espesor, de manera que se identifica una geometría en forma de lóbulo.

Tramo 6: 0,5 m. Lutitas beigeas con intercalaciones de areniscas grises.

Las lutitas, laminadas, se disponen en estratos tabulares de espesor decimétrico.

Las areniscas, de grano medio/grueso, en estratos tabulares de unos 10 cm de espesor.

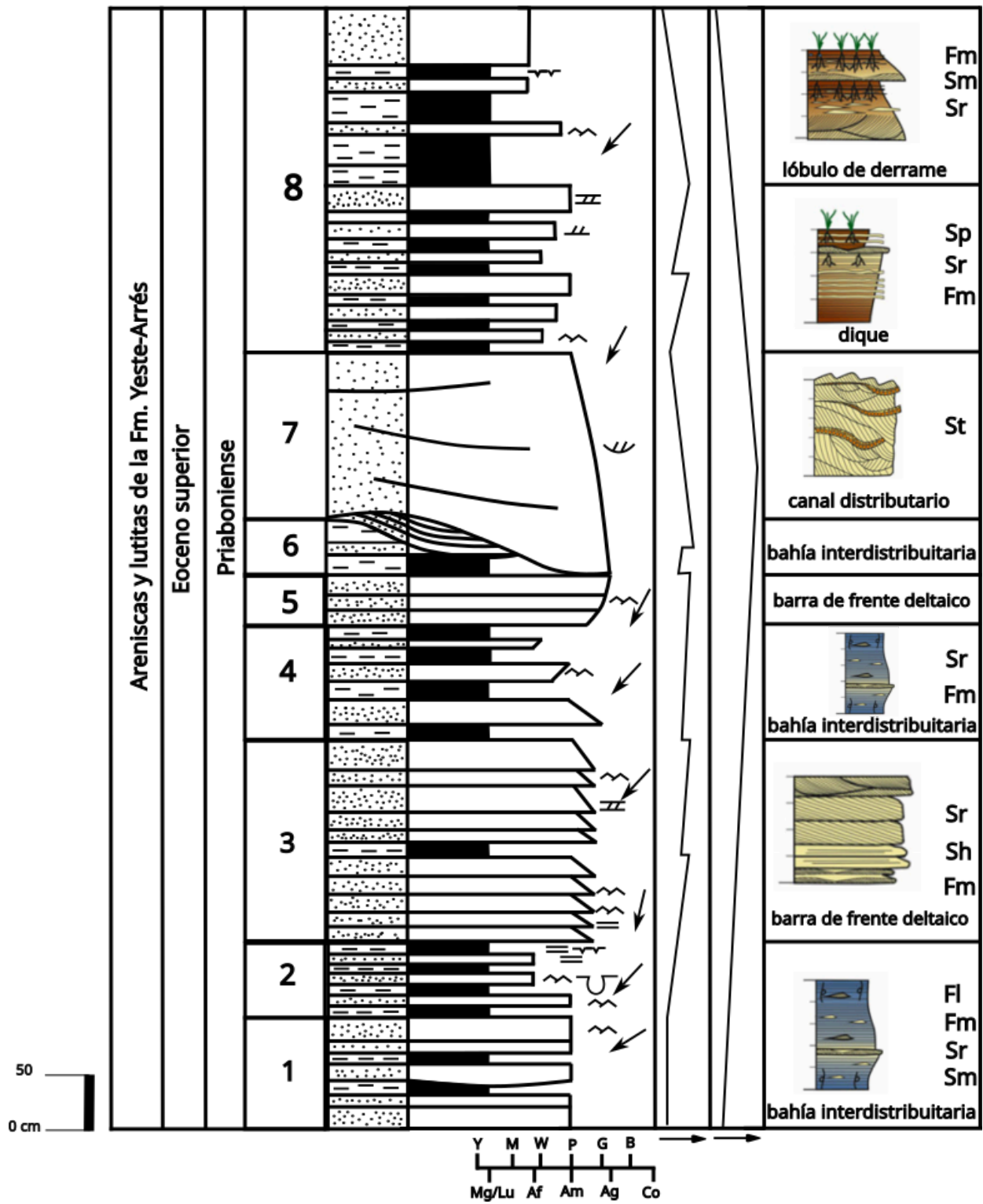
Tramo 7: 1,45 m. Areniscas grises en un cuerpo métrico canaliforme granodecreciente de tamaño de grano grueso a medio. Presenta cicatrices internas a su vez canaliformes y exhibe estratificación cruzada en surco (Fig. 9e). Se relaciona con el tramo 6 mediante un contacto claramente erosivo.

Tramo 8: 3,2 m. Lutitas ocreas con intercalaciones de areniscas grises.

Las capas de lutitas, masivas, son tabulares y generalmente más potentes que las de areniscas (Fig. 9f), midiendo entre 20 y 30 cm de espesor. En el techo de un nivel de lutitas hacia el techo del tramo encontramos grietas de desecación.

Las areniscas, de grano fino a medio, consisten en estratos tabulares, algunos masivos, de 4 a 50 cm de potencia. Podemos encontrar ripples asimétricos, laminación cruzada y estratificación cruzada planar (Fig. 9g).

Estas litologías forman secuencias granodecrecientes de potencia decimétrica y en la parte inferior secuencias de mayor orden estrato y granocrecientes.



Leyenda					
	Lutitas		Estratificación cruzada en surco		Laminación horizontal
	Areniscas		Laminación cruzada		Ripples asimétricos
	Icnita		Estratificación cruzada planar		Grietas de desecación

Figura 8: Columna estratigráfica de la parte superior de la cantera de Arrés con su leyenda. Se muestran evoluciones sedimentarias a distinta escala, direcciones de paleocorrientes y la interpretación de cada tramo que se discute en el apartado 6.

6.1.2. Principales litofacies e interpretación

Este apartado se centra en la descripción e interpretación de las facies sedimentarias identificadas atendiendo a cuestiones como colores, litología o estructuras sedimentarias. Estas litofacies han sido interpretadas atendiendo a los procesos sedimentarios que las han generado. Se han identificado 7 litofacies cuyas características e interpretación se resumen en la tabla 1. Cinco de ellas corresponden a areniscas y dos a lutitas. Para optimizar el espacio, esta información se presenta a modo de tabla.

Litofacies	Geometrías, texturas, estructuras y color	Procesos sedimentarios	Subambiente sedimentario donde pueden aparecer
Areniscas con ripples asimétricos (Sr)	Estratos tabulares de entre 10 y 20 cm con laminación cruzada, grano fino a medio y color gris. Ripples asimétricos de 25 cm de longitud de onda y 1,5 cm de altura (Fig. 9d) así como laminación cruzada interna.	Corrientes tractivas en cursos acuosos unidireccionales con desarrollo de bedforms arenosos de escasa altura.	Canales distributarios, lóbulos de derrame y barras de frente deltaico.
Areniscas con laminación horizontal (Sh)	Estratos tabulares de unos 10 cm de grano fino a medio y color gris.	Sedimentación por corrientes tractivas relativamente constantes y de alta energía.	Barras de desembocadura, bahía interdistributaria y lóbulo de derrame.
Areniscas con estratificación cruzada planar (Sp)	Estratos tabulares de unos 25 cm de potencia y grano medio. Color gris (Fig. 9g).	Migración de megaripples o dunas bajo la acción de corrientes unidireccionales.	Canales distributarios activos y barras de frente deltaico.
Areniscas con estratificación cruzada en surco (St)	Estratos canaliformes de potencia métrica y evolución granodecreciente (grueso a medio). Color gris. (Fig. 9e).	Migración de dunas sinuosas por la acción de corrientes canalizadas unidireccionales; transporte por tracción.	Canales distributarios activos y barras de frente deltaico.
Areniscas masivas (Sm)	Estratos tabulares de espesor variante entre 3 y 30 cm de grano fino a grueso y color gris.	Corrientes con alta carga sedimentaria con rápida sedimentación o bioturbación posterior.	Canales distributarios activos, barras de frente deltaico y lóbulos de derrame.
Lutitas masivas (Fm)	Estratos tabulares de espesor milimétrico a decimétrico y color beige. (Fig. 9f).	Decantación de material fino en condiciones de baja energía. Ambientes con inundación y exposición subaérea esporádica.	Bahías interdistributarias y barras de frente deltaico.
Lutitas laminadas (Fl)	Estratos tabulares de hasta 10 cm de espesor de color beige. Láminas milimétricas. (Fig. 9b).	Decantación de material fino bajo lámina de agua en condiciones de baja energía, condiciones ambientales cambiantes y ausencia de bioturbación.	Bahías interdistributarias.

Tabla 1: Resumen de las características e interpretación de las litofacies reconocidas a lo largo de la parte estudiada de la cantera de Arrés.



Figura 9: Aspecto de campo de litofacies y otros elementos en la columna. a) Restos de plantas en areniscas. Tramo 1; b) Lutitas laminadas (Fl). Tramo 2; c) Icnita *in situ* en un estrato de areniscas (Sr). Tramo 2; d) Estratos tabulares de areniscas en secuencias granodecrecientes con Sh en la base, ripples asimétricos (Sr) a techo y un nivel de lutitas en la parte superior. Tramo 3; e) Estrato canaliforme (St); f) Parte superior de la columna donde dominan las lutitas; g) Areniscas con estratificación cruzada (Sp).

6.2. Icnología sistemática

Icnitas de perisodáctilos

Icnogénero: *Plagiolophustipus* Santamaría *et al.*, 1989 .

Icnoespecie tipo: *Plagiolophustipus montfalcoensis* Santamaría *et al.*, 1989.

Diagnosis: Icnitas tridáctilas con el dedo central mucho más ancho y largo que los laterales, los cuales son ligeramente asimétricos. Longitud total de la huella, variable, entre 5 y 6 cm (Santamaría *et al.*, 1989).

Plagiolophustipus montfalcoensis (Fig. 10 a, b y c)

Material: BA-3.2, BA-3.3, BA-4.1, BA-4.2, BA-4.3, BA-5.3, BA-5.4, BA-5.5, BA-5.6, BA-6.1, BA-6.2, BA-8.1, BA-10.1, BA-10.2

Descripción: Las lajas contienen un conjunto de huellas tridáctilas de tamaño pequeño a medio (longitud entre 3,3 y 7,4 cm) con una relación longitud/anchura de alrededor de 1. Todas muestran tres dedos funcionales, dispuestos de forma mesaxónica, con el eje del dedo central (III) claramente alineado con el eje de progresión y mostrando simetría bilateral en torno al eje de dicho dedo. Los dedos son alargados, con impresiones digitales de forma ovalada a subtriangular, y terminaciones redondeadas o levemente apuntadas en el caso de los dedos laterales. El dedo central (III) es el más largo y profundo, mientras que los laterales (II y IV) son más cortos, están orientados anterolateralmente, y suelen estar menos marcados. No se observan impresiones ungueales claras.

La separación entre dedos es moderada, con una angulación interdigital que oscila entre 20° y 45° entre los dedos II y III y 15° y 50° entre los dedos III y IV. La preservación varía desde impresiones bien definidas (como en BA-6) hasta icnitas más someras o parciales (como en BA-4). Encontramos casos como el de la laja BA-5, donde hay dos pares pie-mano (BA-5.3 y BA-5.4; BA-5.5 y BA-5.6) que pertenecen al mismo animal y que dentro de cada par muestran una icnita más larga (el pie) que la otra (mano). Esto nos ha permitido identificar en el resto de la muestra qué icnitas son manos (BA-5.4, BA-5.6 y BA-8.1) y cuáles pies (BA-5.3 y BA-5.5). Cabe destacar la icnita BA-8.1 que es algo mayor que el resto pero presenta una morfología similar.

Discusión: Las huellas de perisodáctilos se conocen en distintos momentos del Cenozoico, y se han descrito múltiples icnotaxones (Vialov, 1965; McDonald *et al.*, 2007; Costeur *et al.*, 2009). La clave para identificarlas como perisodáctilos es el carácter mesaxónico de las huellas (el dedo central soporta la mayor parte del peso del animal), generalmente con un número impar de dedos (algunos miembros presentan manos tetradáctilas; ver Linares Montes *et al.*, 2022 y referencias). Las huellas perisodáctilas estudiadas se han comparado con varios icnotaxones conocidos del Cenozoico (Vialov, 1965; McDonald *et al.*, 2007; Costeur *et al.* 2009). Entre ellos, destacan *Palaeotheriopus* (Ellenberger, 1980; Ataabadi y Khazae, 2004), *Lophiopus* (Ellenberger, 1980), *Moropopus* (Abbassi *et al.*, 2016) y *Plagiolophustipus* (Santamaría *et al.*, 1989-1990). Aunque hay similitudes con algunos de estos, como el tamaño o la forma de los dedos, las diferencias en detalles como la simetría, el ángulo de divergencia o la forma del talón permiten descartar algunos de ellos. El icnogénero que más se asemeja a las huellas objeto de este trabajo es *Plagiolophustipus*, especialmente por el ancho del dedo central, la forma del talón y la variabilidad de los dedos laterales.

En la muestra estudiada se observan al menos dos morfotipos diferentes que representan diferencias anatómicas entre manos y pies del productor tal y como sugiere Linares Montes *et al.* (2022), entre los posibles factores a tener en cuenta en las variaciones morfológicas y de tamaño. A pesar de que no se han descrito diferencias entre manos y pies en la literatura para otras icnitas de *Plagiolophustipus* y aunque tampoco se han descrito rastros (p. ej., Santamaría *et al.*, 1989-1990; Astibia *et al.*, 2007) cabe destacar que *Palaeotheriopus sarjeanti* presenta manos menos alargadas y un dedo central menos desarrollado que en los

pies (Ataabadi y Khazae, 2004). Hasta ahora las diferencias entre manos y pies de *Plagiolophustipus* eran desconocidas y por tanto la determinación de hipótesis firmes era limitada dado el estado del conocimiento y el material disponible. Sin embargo, en las losas objeto de este trabajo encontramos posibles rastros como los presentes en las BA-4 y BA-5. Asimismo, la icnita BA-8.1 encaja como mano de un individuo de mayor tamaño ya que presenta proporciones similares a las otras manos ligadas a rastros de esta icnoespecie, aunque sea de tamaño ligeramente superior. Es por todo esto que clasificamos estas icnitas como *Plagiolophustipus montfalcoensis*.

Icnitas de artiodáctilos

Icnogénero: *Megapecoripeda* Kordos, 1985.

Icnoespecie tipo: *Megapecoripeda miocaenica* Kordos, 1985.

Diagnosis: Huellas de un gran artiodáctilo de constitución compuesta. La impresión de la pezuña interna suele ser más pequeña que la de la pezuña externa, estando desplazada distalmente. En caso de una marcha tranquila y una superficie horizontal y uniforme, esta asimetría desaparece. Las impresiones de las pezuñas se ensanchan proximalmente, desviándose entre 10° y 20° de la línea axial (Kordos, 1985).

***Megapecoripeda miocaenica* (Fig. 10 d)**

Material: AR-1.2, AR-2.1, BA-3.1

Descripción: Presentan huellas didáctilas bien marcadas de tipo paraxónico, con dos impresiones digitales correspondientes a los dedos III y IV, que son similares en tamaño y forma. Las impresiones son profundas en AR-1.2 y AR-2.1, no así en BA-3.1. Los ejes digitales son casi paralelos (15° de divergencia máxima), y tamaños que oscilan entre los 6,6 y los 8,5 cm de longitud. Las impresiones de las pezuñas muestran una morfología simple, con forma ovalada o semicircular, y están separadas por un surco medio marcado. El ángulo interdigital varía entre 10° y 20°, dependiendo del ejemplar.

Discusión: Los principales icnotaxones de artiodáctilos, presentan impresiones de dos pezuñas y se diferencian por la anchura relativa de las impresiones digitales y el ángulo interdigital, por lo que a continuación se evaluarán nuestras huellas frente a esos parámetros diagnósticos. Al comparar la morfología de dos dígitos casi paralelos con divergencia de 10°–20°, impresiones digitales anchas y base posterior continua, resulta evidente que *Pecoripeda* no es compatible, pues las impresiones de las pezuñas suelen tener una anchura inferior al 35 % de la longitud y se separan por un surco más estrecho. Además, ni *Bifidipes* ni *Entelodontipus* encajan, ya que presentan, respectivamente, impresiones subtriangulares con márgenes más divergentes o dígitos ensanchados medialmente, rasgos que no se aprecian aquí. Asimismo, aunque *Gambapes* comparte con nuestras huellas una proporción ancho/largo superior al 35%, sus pezuñas son generalmente algo más pequeñas y estrechas, por lo que tampoco representan la afinidad más precisa. En contraste, las impresiones descritas encajan con *Megapecoripeda*, pues este icnotaxon se caracteriza por dos dígitos de gran tamaño (~ 7–8 cm) con ligera fusión proximal, almohadillas ovales y divergencia interdigital limitada a 10°–20°, exactamente como en nuestras huellas (longitudes de 6,6 a 8,5 cm). Por tanto, la asignación más adecuada es *Megapecoripeda miocaenica*, reflejando la correspondencia morfométrica más sólida.

Iconogénero: *Pecoripeda* Vialov, 1965.

Iconoespecie tipo: *Pecoripeda gazella* Vialov, 1965.

Diagnosis: Huellas de artiodáctilos con forma de cuña alargada, que indican la presencia de dos pezuñas tanto en las extremidades anteriores (manos) como en las posteriores (pies). Las huellas de manos y pies tienen una forma muy similar, aunque a veces difieren en tamaño. Las impresiones de las pezuñas medial (III) y lateral (IV) son siempre distintas, con superficies axiales a veces en contacto medio o posterior, aunque más frecuentemente separadas por un espacio interdigital continuo. Las pezuñas medial y lateral son imágenes exactas o especulares en su contorno; cada una es más ancha cerca del talón y se estrecha hacia un ápice de contorno angular o parabólico agudo. Los ápices de las huellas están dirigidos hacia adelante; sus ejes pueden ser convergentes, paralelos o divergentes según el paso. La anchura máxima de cada huella es inferior al 35% de su longitud (enmendado por Sarjeant y Langston, 1994).

cf. *Pecoripeda* isp. (Fig. 10 e)

Material: BA-2.1, BA-5.1, BA-5.2

Descripción: Las huellas consisten en dos impresiones principales (dedos III y IV) dispuestas paraxónicamente con un leve ensanchamiento posterior que sugiere un surco metapodial tenue. No se observan impresiones de los dedos laterales (II y V). Dichas impresiones son similares en tamaño y forma, y se muestran casi paralelas. Tienen forma ovalada o semicircular, con el extremo anterior puntiagudo. Las impresiones de los dedos están estrechamente espaciadas y son simétricas respecto al eje longitudinal de la huella. El ángulo interdigital es de 10° en el caso de la BA-2.1 y 0° en el de la BA-5.1. La primera de ellas presenta unas medidas de longitud frente a anchura de 2,8/3 cm ($L/W = 0.9$) y la segunda 5,3/3,7 cm ($L/W = 1.4$). Por su parte, BA-5.2 se encuentra mal conservada. BA-5.1 y BA-5.2 son dos pisadas del mismo individuo en los que se da una superposición pie-mano que causa este dato de longitud superior a BA-2.1.

Discusión: Los rasgos ya mencionados, la pequeña talla, la disposición paraxónica de los dígitos centrales (III y IV), la ausencia de marcas de los dígitos laterales (II y V) y que las pezuñas medial y lateral sean imágenes exactas o especulares en su contorno, añadido a que cada una es más ancha cerca del talón y se estrecha hacia un ápice de contorno angular o parabólico agudo, son rasgos diagnósticos de *Pecoripeda*. Además, estos caracteres permiten descartar *Megapecoripeda*, cuyas huellas superan los 5 cm y muestran impresiones de las pezuñas más espaciadas con surco metapodial más marcado (Sarjeant y Langston, 1994; Linares Montes et al., 2022). No obstante, las huellas observadas no cumplen plenamente la diagnosis en ningún caso, al ser la anchura máxima de cada huella superior al 35% de su longitud. Asimismo, al compararlas con otros icnotaxones afines se destacan diferencias claras: en *Bifidipes* las impresiones presentan una hendidura medial pronunciada que separa los dígitos internos, algo ausente en BA-2.1 y BA-5.1; en *Gambapes*, aunque algunos autores lo consideran sinónimo de *Pecoripeda* (Lucas y Hunt, 2007), sus ejemplares suelen mostrar mayor divergencia interdigital y, en ocasiones, surcos que sugieren bordes más marcados de las pezuñas en II y V, rasgos no observados en nuestras muestras; *Entelodontipus*, en cambio, se caracteriza por huellas con dígitos más alargados y especialmente estrechos tanto en la parte anterior como posterior, a diferencia de las impresiones más anchas de BA-2 (Casanovas-Cladellas y Santafé-Llopis, 1982). Estas comparaciones refuerzan la afinidad de las huellas con *Pecoripeda* e invalidan *Bifidipes*, *Gambapes* y *Entelodontipus* debido a sus rasgos morfológicos discordantes. Dada

la ausencia de rasgos diagnósticos inequívocos, se decide clasificar las icnitas como *cf. Pecoripeda* isp.

Icnitas de carnivoramorfos

Iconogénero: *Felipeda* (Panin y Avram, 1962).

Iconoespecie tipo: *Felipeda lynxi* (Panin y Avram, 1962).

Diagnosis: Huellas plantígradas a semiplantígradas que exhiben cuatro dedos (II a V), cada uno con una almohadilla digital esférica, ovoide o alargada. Las almohadillas forman un semicírculo frente a, o aproximadamente en la parte frontal de, las almohadillas metatarsianas. La almohadilla digital III es a menudo la más anterior, y nunca parece haber simetría lateral en una línea anterior/posterior (AP) entre las almohadillas digitales III y IV. Las almohadillas digitales pueden ser de igual o similar tamaño, o mostrar una variación dimensional limitada. Pueden estar presentes impresiones de las puntas de las garras, pero por lo general están ausentes (enmendado por Sarjeant *et al.*, 2002).

***Felipeda* isp.** (Fig. 10 f)

Material: Dos icnitas superpuestas, que representan un par pie-mano en la laja BA-1: BA-1.1 y BA-1.2.

Descripción: La laja BA-1 presenta dos impresiones, sólo una de ellas (BA-1.1) bien definida. Esta es una icnita tetradáctila, más ancha que larga, y muestra cuatro impresiones digitales separadas de la almohadilla metapodial. Las almohadillas digitales tienen forma elipsoidal, orientadas en dirección anteroposterior. Los dígitos centrales son más largos y están en una posición más anterior que los laterales. Las almohadillas centrales son casi paralelas y las laterales presentan una ligera divergencia. No presentan marcas de garras. La almohadilla metapodial es de gran tamaño mostrando solo una almohadilla clara con forma subtriangular-subovoidal. La huella BA-1.2 está superpuesta y tiene unas características similares a BA-1.1, pudiendo apreciarse 3 de las cuatro almohadillas digitales.

Discusión: Las características morfológicas concuerdan con la diagnosis enmendada del iconogénero *Felipeda* (Panin y Avram, 1962 emend. Sarjeant *et al.*, 2002), que describe huellas plantígradas a semiplantígradas con cuatro dedos bien marcados, dispuestos en semicírculo, sin simetría bilateral marcada y generalmente sin marcas de garras. Este conjunto de rasgos permite distinguir *Felipeda* de otros iconogéneros de carnívoros como *Canipeda*, cuyas huellas suelen ser más alargadas, con garras prominentes y almohadillas digitales más elípticas (Melchor *et al.*, 2018). En comparación con las iconoespecies reconocidas de *Felipeda* (*F. bestia*, *F. biancoi*, *F. milleri*, *F. parvula* y *F. lynxi*) tal y como se enumeran en Abbassi *et al.* (2021), la huella BA-1.1 muestra ciertas diferencias morfológicas. Por ejemplo, en *F. lynxi* el dígito III suele adelantarse notablemente respecto a los laterales y la almohadilla metapodial es más redondeada, mientras que en BA-1.1 los dígitos centrales (III y IV) mantienen una mayor simetría lateral y el talón adquiere forma subtriangular-subovoidal. En *F. biancoi* y *F. milleri* se observa habitualmente una divergencia más acusada de los dígitos laterales y un abultamiento distal del dedo central, rasgos que no se aprecian en BA-1.1, donde los dígitos laterales presentan sólo una ligera divergencia y la anchura del dedo central es casi continua con el talón. En el caso de *F. bestia*, las huellas tienden a ser proporcionalmente más largas que anchas, con dígitos centrales más robustos y ligeramente curvados medialmente, lo que les da un aspecto más convergente. Además,

la almohadilla metapodial suele presentar una forma más lobulada o bilobulada, en contraste con la forma subtriangular-subvoidal simple observada en BA-1.1. Por último, en *F. parvula* los dígitos laterales son visiblemente más cortos que los centrales, generando una forma trapezoidal en la disposición digital, aspecto que difiere de la proporción interdigital menos marcada que presenta BA-1.1. Por tanto, y en base a las diferencias morfológicas disponibles, atribuimos la laja BA-1 al icnogénero *Felipeda* isp. ya que sólo contamos con un ejemplar.

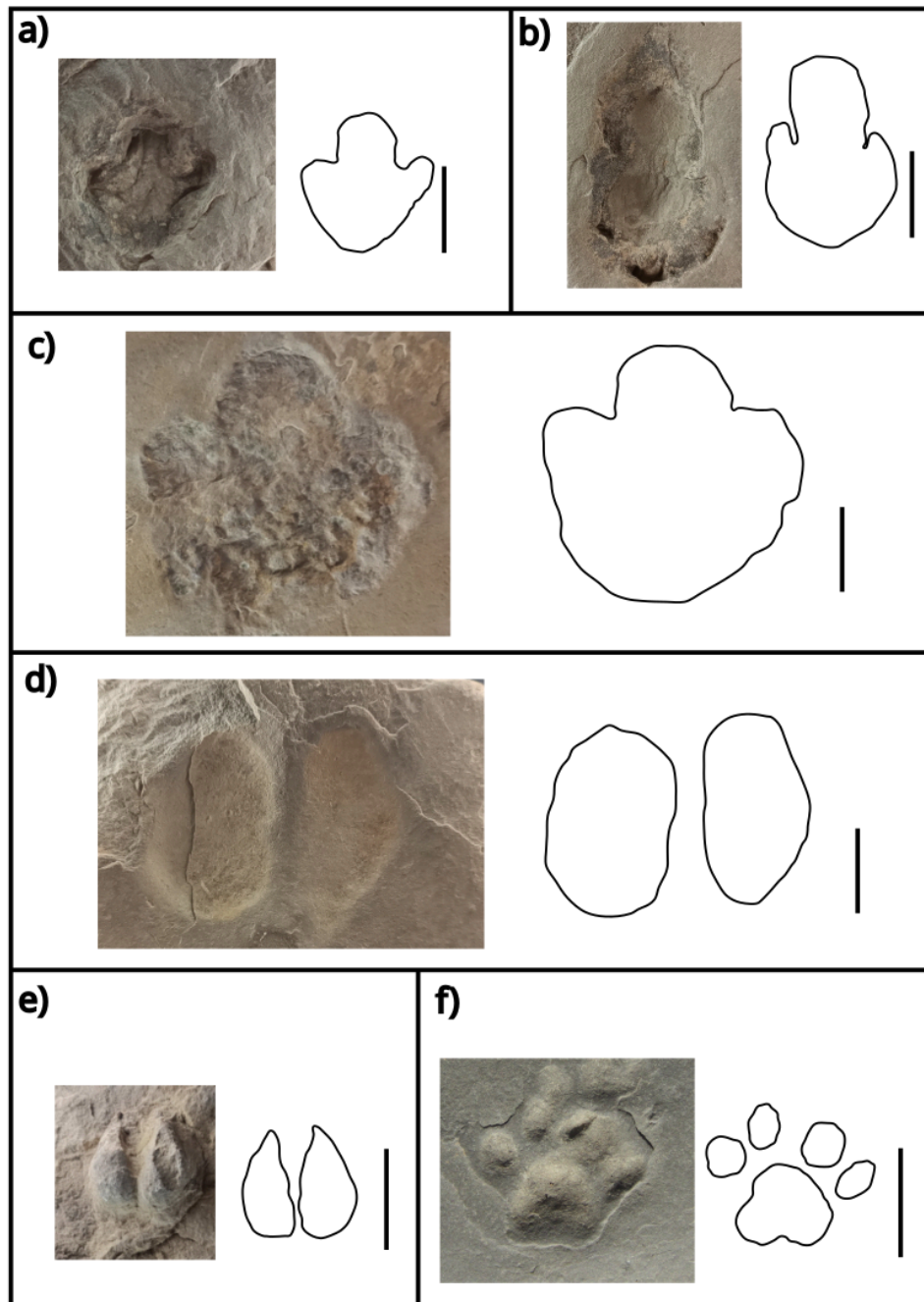


Figura 10: Fotografías y dibujos de la línea de contorno de las icnitas mejor conservadas de cada icnotaxón. a) BA-4.2 (mano de *Plagiolophustipus montfalcoensis*); b) BA-4.1 (pie de *Plagiolophustipus montfalcoensis*); c) BA-8.1 (mano de *Plagiolophustipus montfalcoensis*); d) BA-3.1 (*Megapecoripeda miocaenica*); e) BA-2.1 (cf. *Pecoripeda* isp.) y f) BA-1.1 (*Felipeda* isp.). Escala: 2,5 cm.

7. DISCUSIÓN

7.1. Interpretación del paleoambiente

Los procesos interpretados a partir de las litofacies identificadas y las secuencias sedimentarias basadas en las relaciones verticales, permiten realizar una aproximación al medio de sedimentación y a su evolución en el tiempo. En la descripción de la columna, se han mencionado secuencias de espesor centimétrico-decimétrico identificadas en cada tramo que a veces se agrupan en otras de mayor espesor y que se muestran en la figura 8, donde también se propone una evolución general para todo el conjunto.

El hecho de que la unidad se haya interpretado como transicional (Puigdefábregas, 1975; Montes Santiago 2002), la evolución granocreciente-granodecreciente de la columna, la presencia exclusiva de facies terrígenas, y las estructuras sedimentarias indicativas de corrientes unidireccionales y de desarrollo de barras y canales, permiten plantear que este perfil representa un conjunto deltaico que avanzaba al W-SW. Reforzando esta deducción, contamos con la presencia de restos vegetales y de secuencias grano y estratocrecientes. Se ha comprobado, además, que las facies que están por debajo de la cantera son margas marinas de la Fm. Pamplona y que por encima hay depósitos fluviales de la Fm. Campodarbe, por lo que el modelo sería coherente con la interpretación de un delta.

No se han observado rasgos típicos de influencia mareal ni acumulaciones litorales alineadas o estructuras sedimentarias indicativas de bidireccionalidad en las corrientes que indicarían fuerte influencia del oleaje. La escasa presencia de estructuras bidireccionales, la ausencia de facies con deformación y el desarrollo de canales distributarios y barras de desembocadura apuntan a un delta dominado por procesos fluviales.

Para asociar los distintos tramos de la columna a subambientes se ha utilizado el modelo sedimentológico de facies deltaicas que propone Morales (2022) (Fig. 11). El modelo e interpretación encajan también con lo descrito por James y Dalrymple (2010) para deltas dominados por aporte fluvial.

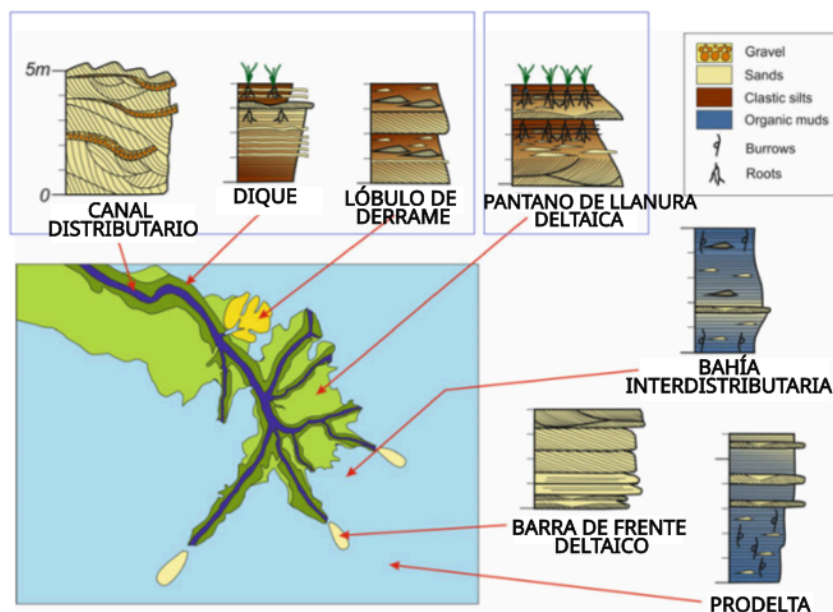


Figura 11: Modelo de delta con facies modificado de Morales (2022).

A partir de sus características, de los procesos y secuencias sedimentarias, los tramos 1, 2, 4 y 6 se interpretan como subambiente de bahía interdistributaria. En este subambiente se desarrollan secuencias granodecrecientes integradas por areniscas, que representan episodios puntuales de aporte clástico más energético y lutitas laminadas que representan condiciones de baja energía, típicas de ambientes protegidos del flujo principal, donde predominan procesos de decantación.

Los tramos 3 y 5 se han interpretado como avance de barras arenosas desarrolladas en el frente deltaico. Se generan secuencias grano y estratocrecientes dominadas por areniscas con laminación horizontal y sets de estratificación cruzada y a techo ripples. Las evoluciones granodecrecientes reconocidas a menor escala reflejan los eventos de crecimiento de la barra en relación con las variaciones en la descarga.

El tramo 7 se ha interpretado como un canal distributivo, ya que encontramos cuerpos erosivos de areniscas con estratificación cruzada en surco de gran espesor con relleno multiepisódico y desarrollo de *bedforms* arenosos. Registra flujos de mayor energía capaces de transportar sedimentos groseros y llevar la carga sedimentaria a zonas más externas donde se desarrollan barras.

El tramo 8 se ha subdividido en dos partes. La inferior, con dos secuencias grano y estratocrecientes y la superior con estratos granodecrecientes y con secuencias estratocrecientes. Se interpreta que representa el desarrollo de un dique y la progradación de un lóbulo de derrame en relación con desbordamientos. Representan la transición entre los canales activos y las zonas inundables. Por ello y por la dominancia de lutitas, la parte superior se interpreta como el subambiente pantanoso en la llanura deltaica.

La evolución granocreciente general de la columna (tramos 1 a base de 7) refleja una progradación del sistema, típica de deltas con un paso a ambientes más continentales. Coincide con la evolución que propone Nichols (2009) para este tipo de sistemas.

7.2. Implicaciones paleoecológicas

En el conjunto de las lajas estudiadas en Bailo se han identificado cuatro icnotaxones distribuidos en tres grandes grupos de mamíferos: uno de perisodáctilos (*Plagiolophustipus*), dos de artiodáctilos (*Megapecoripeda* y cf. *Pecoripeda*) y uno de carnivoramorfo (*Felipeda*). Esto configura una icnoasociación dominada por mamíferos fitófagos, coincidiendo con lo reportado en la mayoría de las asociaciones fósiles continentales del Eoceno superior europeo, donde la diversidad y abundancia de ungulados supera con creces la de carnívoros (Badiola *et al.*, 2009; 2022).

Para contextualizar la fauna coetánea, diversos estudios del registro osteológico de vertebrados fósiles en la Cuenca de Jaca y áreas colindantes han documentado ungulados primitivos, principalmente perisodáctilos como *Palaeotherium* y artiodáctilos como *Xiphodon*, asociados a ambientes fluviales y deltaicos. Estos datos óseos confirman el predominio de ungulados en el paisaje (tal como sugieren las icnitas de Bailo) y apuntan a un ecosistema bien diversificado justo antes de la crisis faunística del Eoceno terminal (Checa Soler y López-Martínez, 1998).

La presencia de dos icnotaxones de artiodáctilos, uno de talla pequeña (*Pecoripeda*) y otro de mayor tamaño (*Megapecoripeda*), indica nichos tróficos diferenciados dentro de este grupo, como describen Sarjeant y Langston (1994) en otros yacimientos paleógenos. En relación con ellos, encontramos en el Eoceno superior de la península ibérica 6 familias de artiodáctilos (Badiola *et al.*, 2009) en las que destacan géneros como *Dichobune*, *Xiphodon* y *Haplomeryx*, entre otros, con los que se podrían relacionar las icnitas de artiodáctilos estudiadas en este trabajo. Además, en la península ibérica se reconocen al menos 6 géneros y 19 especies de equoideos, principalmente paleotéridos, documentados en el Priaboniense, lo que refleja una alta diversidad de perisodáctilos en esa etapa (Badiola *et al.*, 2022). Este grupo estaría representado por las icnitas de *Plagiolophustipus*, y sugieren la presencia de paleotéridos que habitaban llanuras aluviales y ambientes deltaicos, análogos a los de cuencas francesas (Ellenberger, 1980) e iraníes (Ataabadi y Khazaee, 2004; Abbassi *et al.*, 2021). En el Priaboniense de Zambrana, Álava, se han descrito carnivoramorfo como *Quercygale* y *Paramiacis* (Badiola *et al.*, (2009), de los cuales podrían relacionarse con *Felipeda* principalmente los segundos por el tamaño que se deduce de su masa corporal (1-3 kg) (Solé, 2014; medidas de Mathis 1987).

La identificación de *Plagiolophustipus*, cf. *Pecoripeda* isp., *Megapecoripeda* y *Felipeda* en la unidad estudiada (Eoceno superior), resulta novedosa ya que es más antigua que las unidades en las que se habían identificado estos icnotaxones (McDonald *et al.*, 2007; Abbassi *et al.* 2025). No es un salto tan grande en el caso de *Plagiolophustipus*, que data del Oligoceno, pero sí que llama la atención en el caso de los otros tres, que datan del Mioceno, representando así un importante salto estratigráfico.

En conjunto, la icnoasociación de Bailo (con 4 icnotaxones, predominantemente fitófagos, y un único carnívoro) habitaba en un ecosistema que sostenía ungulados pequeños y medianos. Por tanto, las icnitas de Bailo son coherentes con la fauna descrita, a partir del registro osteológico, en otras áreas del Eoceno superior de la península ibérica. La comparación con los registros óseos coetáneos consolida la reconstrucción paleoecológica, mostrando la importancia de combinar evidencias icnológicas y óseas para interpretar la dinámica de los mamíferos durante el Eoceno superior en el Prepirineo aragonés.

7.3. Interrelación icnología-sedimentología

El presente estudio permite interpretar que estos organismos vivían en, o cerca de la zona de transición entre el mar y el continente. La dominancia de herbívoros es coherente con la interpretación de un ambiente deltaico, en el que existen importante cantidad de vegetación en las partes próximas al continente (llanura deltaica) y disponibilidad de agua dulce, siendo un hábitat idóneo para su desarrollo.

Los animales debieron pisar en zonas moderadamente húmedas, lo que facilita que las huellas tengan en algunos casos morfologías tan perfectas. Podrían haber estado caminando sobre bahías interdistributarias y partes emergidas de las barras de frente deltaico, donde el tipo de facies y el rápido depósito asociado a los frentes deltaicos habría favorecido su preservación.

De las litofacies descritas en el apartado 6.1.2., las lajas anaranjadas AR-1 y AR-2 corresponden a estratos de un espesor cercano a los 3 cm de areniscas ocreas. En el caso de AR-2, que cabe destacar de nuevo que es la única icnita encontrada *in situ*, sabemos

que se encuentra en un estrato de facies Sr, presente en el tramo 2 de la columna estratigráfica (Fig. 8) y descrita en la tabla 1. Este tramo se atribuye al subambiente de bahía interdistributaria por la sucesión de facies que en él encontramos. La laja AR-1 es semejante a la anterior, pero no se observan estructuras en ella, por lo que correspondería a las facies Sm, también identificada en los sedimentos de las bahías interdistributarias. Por su parte, las demás lajas corresponden a estratos de areniscas grises de grano fino de diferente espesor, 5 cm (BA-1, BA-3, BA-6, BA-9 y BA-10) y unos 3 cm (BA-2, BA-4, BA-5, BA-7, BA-8 y BA-11), que se asemejan a las facies Sm descritas por ejemplo en los tramos 1 y 8 de la columna y que son análogos a los observados en la parte inferior de la cantera de Arrés, aunque tienen un tamaño de grano generalmente más fino que el de los estratos con facies Sm estudiados en este trabajo. Es posible que no hayan sido localizadas más icnitas *in situ* durante el trabajo de campo debido a la verticalidad del afloramiento, que impide ver el techo de los estratos o incluso a que estuvieran más presentes en las partes de la columna que se han extraído.

Por último, tras la revisión detallada y la comparación de las litologías y características de las losas con los estratos de la cantera, se considera que otras zonas expuestas en ella, podrían coincidir con algunas de las lajas de Bailo, estos niveles pueden ser objeto de futuros estudios y quedan abiertos a próximas investigaciones.

8. CONCLUSIONES

Las icnitas de las losas de Bailo revelan una comunidad dominada por herbívoros, compuesta por al menos cuatro icnotaxones que abarcan perisodáctilos (*Plagiolophustipus*), artiodáctilos (*Megapecoripeda* y *Pecoripeda*) y un carnívoromorfo (*Felipeda*). Estos icnotaxones se podrían relacionar con paleotéridos (*Palaeotherium*), artiodáctilos (*Dichobune*, *Xiphodon* o *Haplomeryx*) y carnívoramorfos (*Paramiacis*) y es coherente con las asociaciones típicas del Eoceno superior europeo. Los icnotaxones, a nivel icnogenérico, representan una mezcla de formas coherentes con la edad (*Plagiolophustipus*) y más modernas (*Megapecoripeda*, *Pecoripeda* y *Felipeda*) que representaría grupos de artiodáctilos y carnívoramorfos más primitivos.

Sedimentológicamente, los horizontes de la Formación Yeste-Arrés en los que se ubican las huellas corresponden a depósitos de un delta dominado por la dinámica fluvial que avanzaba hacia el W-SW. Existen areniscas tabulares, areniscas con ripples asimétricos y lutitas laminadas, depósitos que se corresponden con los subambientes de barras de desembocadura, canales, y lóbulos de desbordamiento. Se han identificado las icnitas en dos facies diferentes (Sr y Sm). Las condiciones del sedimento permitieron que mamíferos se desplazaran sobre sustratos semihúmedos a húmedos, preservando las impresiones en niveles de bajo espesor. Dicha interpretación es compatible con los registros sedimentarios transicionales marino-continentales del Priaboniense superior en la cuenca regional.

En conjunto, la integración de evidencias sedimentológicas, icnológicas y óseas proporciona una reconstrucción paleoecológica robusta: Bailo representó un ecosistema deltaico, donde la diversidad de ungulados fitófagos coexistía con carnívoros oportunistas justo antes de la crisis faunística del Eoceno terminal.

9. BIBLIOGRAFÍA

Abbassi, N. y Dashtban, H. (2021): Vertebrate footprints from the Agha Jari Formation (late Miocene–Pliocene), Zagros Mountains, and a review of the Cenozoic vertebrate ichnites in the Persian Gulf region. *Bulletin of Geosciences*, 96 (2): 159–179.

Abbassi, N., Karim, K.H., Mohialdeen, I.M. y Sharbazheri, K.M. (2021): Vertebrate footprints and a mammal mud-bath trace fossil (*Laspichnia*) from the Mukdadiya Formation (Late Miocene–Pliocene). Chamchamal Area, Kurdistan Region, Northeast Iraq). *Ichnos*, 28(1): 72–83.

Abbassi, N., Melchor, R. N. y Díaz-Martínez, I. (2025). Ichnotaxonomy of Paleogene and Neogene tetrapod tracks. In S. G. Lucas, A. P. Hunt y H. Klein (eds.), *Vertebrate Ichnology: Tetrapod Tracks and Trackways* (1st ed., pp. 749–892).

Albright, L. B. III, Foster, J. R. y Schrum, A. W. (2000): *Mammalian ichnology from the Upper Cretaceous and Paleogene of North America: Protocols, ichnotaxonomy, and paleoecology of mammal tracks*. In M. Lockley y M. Wagner (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces: Early Mesozoic Tracksites and Mammalian Ichnites* (pp. 95–116). University of New Mexico Press.

Arche, A. (Coord.), Díaz De Güemes González, A., Iglesias García, P., García-Hidalgo, J. F., Temiño, J., Segura, M., Sopeña, A., Sánchez-Moya, Y., Colombo, F., Viseras, C., Fernández, J., Fregenal, M. A., Meléndez, N., Arribas, J., Dabrio, C. J., Rodríguez López, J. P., Dabrio, C. J., Vilas, F., Bernabéu, A., Rubio, B., Rey, D., Ortí, F., Mas, R., Benito, M. I., Alonso, Á., Martín, J. M., Braga, J. C., Martín-Chivelet, J., Hernández-Molina, F. J., Llave, E., Marfil, R., Caja, M. Á., Rossi, C., López-Gómez, J., & Iriondo, M. H. (1992). *Sedimentología* (9.ª ed., Vol. I). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Astibia, H., Pereda Suberbiola, X., Payros, A., Murelaga, X., Berreteaga, A., Baceta, J. I. y Badiola, A. (2007): Bird and mammal footprints from the Tertiary of Navarre (Western Pyrenees). *Ichnos*, 14(3), 175–184.

Badiola, A., Checa, L., Ruiz-Colmenares, M.A.C., Quer, R., Hooker, J.J. y Ayerra, H. A. (2009). The role of new Iberian finds in understanding European Eocene mammalian paleobiogeography. *Geologica Acta: an international earth science journal*, 7(1), 243-258.

Badiola, A., Perales-Gogenola, L., Astibia, H. y Pereda-Suberbiola, X. (2022): A synthesis of Eocene equoids (*Perissodactyla*, *Mammalia*) from the Iberian Peninsula: New signs of endemism. *Historical Biology*, 34(12), 2214–2236.

Barnolas, A., Teixell, A., Samsó, J.M. y Zamorano, M. (1992): Estructura y evolución sedimentaria del sector central de la cuenca surpirenaica. *III Congr. Geol. España, VIII Congr. Latinoamer. Geol., Excursiones*, 1: 74-114.

Barnolas, A. y Teixell, A. (1994): Platform sedimentation and collapse in a carbonate-dominated margin of a foreland basin (Jaca basin, Eocene, southern Pyrenees). *Geology*, 22: 1107-1110.

Barnolas, A. y Gil-Peña, I. (2001): Ejemplos de relleno sedimentario multiepisódico en una cuenca de antepaís fragmentada: La Cuenca Surpirenaica. *Boletín Geológico y Minero*, 112 (3): 17-38.

Bhattacharya, J. P. (2010). Deltas. En N. P. James y R. W. Dalrymple (eds.), *Facies Models 4* (pp. 233–264). Geological Association of Canada.

Calvín, P., Santolaria, P., Casas-Sainz, A. M. y Pueyo, E. L. (2018): Detachment fold vs. ramp anticline: a gravity survey in the southern Pyrenean front (External Sierras). *Geological Journal*, 53(1): 178–190.

Casanovas-Cladellas, M. L. y Santafé-Llopis, J. V. (1982). Icnofauna oligocena de Agramunt (Lérida, España). *Acta Geológica Hispánica*, 17(1–2), 113–119.

- Checa Soler, N. y López-Martínez, N. (1998). *La transición Eoceno-Oligoceno en los mamíferos ibéricos: una revisión*. *Coloquios de Paleontología*, 49, 81–104.
- Coll, X., Roigé, M., Gómez-Gras, D., Teixell, A., Boya, S. y Mestres, N. (2022): Interplay of Multiple Sediment Routing Systems Revealed by Combined Sandstone Petrography and Heavy Mineral Analysis (HMA) in the South Pyrenean Foreland Basin. *Minerals*, 12(2): 262.
- Costeur, L., Balme, C. y Legal, S. (2009): Early Oligocene mammal tracks from southeastern France. *Ichnos*, 16(4), 257-267.
- Díaz-Martínez, I., Suarez-Hernando, O., Larrasoaña, J.C., Martínez-García, B.M., Baceta, J.I. y 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.
- Ellenberger, P. (1980): Sur les empreintes de pas de gros mammifères de l'Éocène supérieur de Garrigues-Ste-Eulalie (Gard). *Palaeovertebrata, Mémoire Jubilé R. Lavocat*, 9: 37–78.
- Gutiérrez-Medina, M. (2007): Nuevas aportaciones al conocimiento de la estructura varisca y alpina de la lámina cabalgante de Bono, Zona Axial, Pirineos centrales. *Trabajos de Geología, Univ. de Oviedo*, 27: 159–177.
- Garcés Crespo, M., López Blanco, M., Valero Montesa, L., Beamud Amorós, E., Muñoz, J. A., Oliva-Urcia, B., Vinyoles i Busquets, A., Arbués, P., Cabello López, P. y Cabrera, L. (2020): Paleogeographic and Sedimentary evolution of the South-Pyrenean Foreland basin. *Marine and Petroleum Geology*, 113: 104105.
- Hehuwat, F.H.A. (1970): *The transition from marine to continental sedimentation in the Eocene of the Guarga synclinorium, Huesca province, Spain*. Tesis Doctoral, Univ. Utrecht, 77p.
- Hogan, P. (1993): *Geochronologic, tectonic and stratigraphic evolution of the South Pyrenean foreland basin, northern Spain*. Tesis Doctoral, Univ. Southern California, 220 p.
- Kordos, L. (1985): *Lábnyomok az ipolytarnóci alsó-miocén korú homokkőben* [Footprints in Lower Miocene sandstone of Ipolytarnóc]. *Geologica Hungarica-Series Palaeontologica*, (46), 261–415.
- Labat, P., Séguret, M. y Seyve, C. (1985): Evolution of a turbiditic foreland basin and analogy with an accretionary prism: Example of the Eocene South-Pyrenean basin. *Tectonics*, 4: 661-685.
- Leonardi, G. (1987): *Glossary and manual of tetrapod footprint palaeoichnology*. Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasília, 75 pp.
- Linares Montes, M., Luzón Aguado, M.A., Cuenca-Bescós, G., Canudo, J.I. y Castanera, D. (2022): New mammal and bird tracks from the Lower Oligocene of the Ebro Basin (NE Spain): implications for the Palaeogene ichnological record. *Historical Biology*, 35: 1616–1636.
- Lucas, S. G. y Hunt, A. P. (2007): Ichnotaxonomy of camel footprints. In S. G. Lucas, J. A. Spielman y M. G. Lockley (eds.), *Cenozoic vertebrate tracks and traces* (New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin 42, pp. 155–168). Albuquerque, NM: New Mexico Museum of Natural History and Science.
- McDonald, H., White, R., Lockley, M. y Mustoe, G. (2007). An indexed bibliography of Cenozoic vertebrate tracks. *Cenozoic Vertebrate Tracks and Traces: Bulletin 42*, 42, 275.
- Melchor, R. N., Feola, S. F. y Manera de Bianco, T. (2018): Canid paleoichnology: Taxonomic review and producers of *Canipeda* from the Late Pleistocene of Argentina. *Ichnos*.
- Miall, A.D. (1978): Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: A summary. En: *Fluvial Sedimentology* (A.D. Miall, ed.). Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, 597–604.

Millán, H., Aurell, M. y Meléndez, A. (1994): Synchronous detachment folds and coeval sedimentation in the Prepyrenean External Sierras (Spain). A case study for a tectonic origin of sequences and system tracts. *Sedimentology*, 41: 1001-1024.

Ataabadi, M. y Khazaee, A. (2004). New Eocene mammal and bird footprints from Birjand area, eastern Iran. *Ichnos*, 11(3-4), 363-370.

Montes, M.J. (2002): *Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno de la cuenca de Jaca (Sinclinorio del Guarga)*. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 365 p.

Morales, J.A. (2022). Fluvial-Influenced Systems II: Deltas. In: Coastal Geology. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment. Springer, Cham.

Neto de Carvalho, C., Muñiz, F., Galán, J.M., Rodríguez-Vidal, J., Gómez, P., Toscano, A., Ruiz, F., Belo, J., Belaústegui, Z., Cáceres, L.M., Finlayson, G., Finlayson, S., Guzmán, F.G. y Finlayson, C. (2020): First vertebrate tracks and palaeoenvironment in a MIS-5 context in the Doñana National Park (Huelva, SW Spain). *Quaternary Science Reviews*, 243: 106508.

Nichols, G. (2009): *Sedimentology and Stratigraphy*. Blackwell Science Ltd., London, 335 p.

Payros, A., Pujalte, V. y Orue-Etxebarria, X. (1999): The South Pyrenean Eocene carbonate megabreccias revisited: new interpretation based on evidence from the Pamplona basin. *Sedim. Geol.*, 125: 165-194.

Puigdefábregas, C. (1975): La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca. Instituto de Investigaciones Geológicas, Universidad de Barcelona, 165 p.

Puigdefábregas, C. y Souquet, P. (1985): Cyclicity, basin evolution and tectonic control in the Mesozoic and Cenozoic of the Pyrenees. *Terra Cognita*, 5(2-3): 119.

Rabal-Garcés, R. y Díaz-Martínez, I. (2010): Primeras icnitas de mamífero carnívoro en el Paleógeno de Aragón (España). En: Moreno-Azanza, M., Díaz-Martínez, I., Gasca, J.M., Melero-Rubio, M., Rabal-Garcés, R. y Sauqué, V. (coords). *Cidaris*, número 30, VIII Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología, volumen de actas, 259-264.

Rabal-Garcés, R., Castanera, D., Luzón, A., Barco, J.L. y Canudo, J.I. (2018): A Palaeoichnological Itinerary through the Cenozoic of the Southern Margin of the Pyrenees and the Northern Ebro Basin (Aragón, Northeast Spain). *Geoheritage*, 10(3): 499-509.

Remacha E., Arbues, P. y Carreras, M. (1987): Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la Arenisca de Sabiñánigo. *Bol. Geol. Min.*, 98: 40-48.

Roigé, M., Gómez-Gras, D., Remacha, E., Daza, R. y Boya, S. (2016): Tectonic control on sediment sources in the Jaca basin (Middle and Upper Eocene of the South-Central Pyrenees). *Comptes Rendus Geoscience*, 348(3-4): 200-209.

Rosell, J., Anadón, P., Cabrera, L., Colombo, F., Marzo, M. y Riba, O. (2001): Los sistemas lacustres del Eoceno superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *Acta Geológica Hispánica*, 36(1-2): 145-176.

Rupke, N.A. (1969): Aspects of bed thickness in some Eocene turbidite sequences, Spanish Pyrenees. *Jour. Geol.*, 77: 482-484.

Rupke, N.A. (1976): Sedimentology of very thick calcarenite-marlstone beds in a flysch succession, southwestern Pyrenees. *Sedimentology*, 23: 43-65

- Santamaría, R., López, G. y Casanovas-Cladellas, M. L. (1989–1990). Nuevos yacimientos con icnitas de mamíferos del Oligoceno de los alrededores de Agramunt (Lleida, España). *Paleontologia i Evolució*, 23, 141–152.
- Sarjeant, W. A. y Langston, W. Jr. (1994): *Vertebrate footprints and invertebrate traces from the Cadronian (Late Eocene) of Trans-Pecos Texas* (Texas Memorial Museum Bulletin). Austin, TX: The University of Texas.
- Sarjeant, W.A.S., Reynolds, R.E. y Kissell-Jones, M.M. (2002): Fossil creodont and carnivore footprints from California, Nevada, and Wyoming. En R.E. Reynolds (ed.), *Between the Basins: Exploring the Western Mojave and Southern Basin and Range Province* (pp. 37–50). California State University, Fullerton
- Teixell, A. (1992): Corte estructural a través de la terminación occidental de la Zona Axial (Pirineo Central). En: *III Congreso Geológico de España*. Simposios, 2: 205–214.
- Teixell, A. (1994): Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja 176 (Jaca) y memoria. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid, 68 p.
- Teixell, A. y García-Sansegundo, J. (1995): Estructura del sector central de la Cuenca de Jaca (Pirineos meridionales). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 8(3): 215–228.
- Ten Haaf, E. (1966): Le flysch sud Pyrénéen le long du Río Ara (Huesca). *Pirineos*, 81-82: 143-150.
- Vialov, O. S. (1965). *Stratigrafiya neogenovykh molass Predkarpatskogo progiba* [Stratigraphy of the Neogene molasses of the Pre-Carpathian Depression]. Kiev, USSR: Naukova Dumka.
- Vinyoles i Busquets, A., López Blanco, M., Garcés Crespo, M., Arbués, P., Valero Montesa, L., Beamud Amorós, E., Oliva-Urcia, B. y Cabello López, P. (2020): 10 Myr evolution of sedimentation rates in a deep marine to non-marine foreland basin system: tectonic and sedimentary controls (Eocene, Tremp-Jaca Basin, Southern Pyrenees, NE Spain). *Basin Research*, 32(6): 1241–1264.
- Walker, R. G. y James, N. P. (eds.). (1992). *Facies Models: Response to Sea-Level Change* (2.^a ed.). Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 17. Elsevier.

10. ANEXOS

Anexo I




Tabla I: Tabla en la que se reúne toda la información recogida de cada icnita: lateralidad, longitud (L), anchura (W), longitud y anchura de la almohadilla metapodial (L0 y W0), longitudes y anchuras individuales los dedos visibles (LI, LII, LIII, LIV LV y WI, WII, WIII, WIV y WV), longitudes totales de los dedos individuales medidas desde el talón de la huella hasta la punta de cada dedo (LTII, LTIII, LTIV), ángulos interdigitales (II^III, III^IV, IV^V), profundidad de la pisada (profunda o somera), relación longitud/anchura y si es huella real o contramolde.

Laja	Icnita	Equivalencia Rabal-Garcés et al. (2018)	Lateralidad	Modo de preservación	Profundidad	ICnogénero	L	W	L/W	LII	LT I	WII	LIII	LT I	WIII	LIV	LT I	WIV	LV	WV	II^III	III^IV	IV^V	L0	W0	Observaciones		
AR-1	AR-1.1		Izquierda	Huella real	Profunda	Indet	7,5	5	1,5					7,5	6,7													
	AR-1.2		Izquierda	Huella real	Profunda	Megapeconipeda	7	7,3	1,0					7												15		
AR-2	AR-2.1	10 b	Izquierda	Huella real	Profunda	Megapeconipeda	8,5	4,7	1,8							8,5	8,5	4,7										
BA-1	BA-1.1	9 b	Izquierda	Huella real	Somera	Felipeda	3,2	4	0,8	0,9		0,6	0,8		0,6	0,9		0,6	0,8	0,6	35	20	30	2	2			
	BA-1.2	9 b	Izquierda	Huella real	Somera	Felipeda	2,7	2,2	1,2				0,9		0,6	0,9		0,6	0,8	0,6			27	30				
BA-2	BA-2.1		Izquierda	Contramolde	Profunda	Peconipeda	2,8	3	0,9					2,8	1,4	2,6		1,3								10		
BA-3	BA-3.1	9 c	Izquierda	Huella real	Somera	Megapeconipeda	6,6	8,5	0,8					6,6	3,6	6,4		4,2								10		
	BA-3.2	9 c	Derecha	Huella real	Profunda	Plagiolophustipus	5,5	4	1,4	1,1	3	0,6	3,2	5,5	2,8	1,5	3,3	0,7								35	40	
	BA-3.3	9 c	Izquierda	Huella real	Somera	Plagiolophustipus	5,3	4	1,3	1,4	4,1	0,8	3,2	5,1	2,8	1,2	3,8	0,9								35	30	
	BA-3.4		Derecha	Huella real	Somera	Indet	1	1,5	0,7																			
	BA-3.5		Izquierda	Huella real	Somera	Indet	1	1,5	0,7																			
	BA-3.6		Derecha	Huella real	Somera	Indet	1	1,5	0,7																			
BA-4	BA-4.1		Pie izquierdo	Huella real	Somera	Plagiolophustipus	6,4	4	1,6						6,4													
	BA-4.2		Mano derecha	Huella real	Somera	Plagiolophustipus	4,2	4	1,1	1,3	3,1	0,9	1,1	4,2	1,7	1,4	3,6	0,8								40	32	
	BA-4.3		Pie izquierdo	Huella real	Somera	Plagiolophustipus	4,8	3,3	1,5						4,8													
	BA-4.4		Mano derecha	Huella real	Somera	Indet		3,7	0,0																			
BA-5	BA-5.1		Derecha	Contramolde	Somera	Peconipeda	5,3	3,7	1,4																		pie-mano	
	BA-5.2		Izquierda	Contramolde	Somera	Peconipeda	3,6	3,1	1,2						3,5	1,6	3,2	1,6									pie-mano	
	BA-5.3		Pie derecho	Contramolde	Somera	Plagiolophustipus	4,2	3,4	1,2	1,3	2,7	0,8	2,2	4,2	2	1,2	3	0,8								30	35	Rastro (1)
	BA-5.4		Mano derecha	Contramolde	Somera	Plagiolophustipus	3,3	4	0,8		3,3			3,3			3,5									20	30	Rastro (2)
	BA-5.5		Pie izquierdo	Contramolde	Somera	Plagiolophustipus	5	3,6	1,4	1,3	3,3	0,8	2,2	5	1,9		4									30	30	Rastro (3)
	BA-5.6		Mano izquierda	Contramolde	Somera	Plagiolophustipus	3,4	4,4	0,8	2,6	1,8	1,1	1,5	3,4	1,9	0,9	2,8	1,1								45	50	Rastro (4)
BA-6	BA-6.1		Pie izquierdo	Contramolde	Profunda	Plagiolophustipus	5,2	4,3	1,2		4,1			5,2		3,8												
	BA-6.2		Mano izquierda	Contramolde	Profunda	Plagiolophustipus	6,2	4	1,6		5,2			6,2		5												
BA-7	BA-7.1			Contramolde	Profunda	Indet	7,6	3,6	2,1																			
	BA-7.2			Contramolde	Profunda	Indet	7,7	4,5	1,7																			
	BA-7.3			Contramolde	Profunda	Indet	7,9	3,8	2,1																			
BA-8	BA-8.1		Mano izquierda	Huella real	Somera	Plagiolophustipus	7,4	7,8	0,9	4,2	6,3	2,1	3,1	7,4	3,7	3	6	2,1								40	35	
BA-9	BA-9.1			Contramolde	Profunda	Indet	10,2	3,9	2,6																			
	BA-9.2			Contramolde	Profunda	Indet	5,6	4,4	1,3																			
	BA-9.3			Contramolde	Profunda	Indet	7,4	4,2	1,8																			
	BA-9.4			Huella real	Profunda	Indet	6,8	3,6	1,9																			
BA-10	BA-10.1		Mano izquierda	Contramolde	Profunda	Plagiolophustipus	4,8	5,1	0,9		4,4			4,8		4,1										35	40	
	BA-10.2		Pie derecho	Contramolde	Profunda	Plagiolophustipus	8,9	3,9	2,3		6			8,9													pie-mano	
BA-11	BA-11.1			Contramolde	Profunda	Indet	8,2	3,5	2,3																			
	BA-11.2			Contramolde	Profunda	Indet	5,1	4,7	1,1																			

Tabla II: Tabla en la que se describen las observaciones litológicas de cada laja.

SIGLA	OBSERVACIONES LITOLÓGICAS			
AR-1	Arenisca grano medio de color gris claro - beige, con una fina lámina agrietada que cubre su superficie (2mm), con unas amplias manchas anaranjadas y otras negras más pequeñas, presenta una laminación cruzada, techo regular con moldes que conservan parte del relleno y algunas mineralizaciones diminutas. La laja tiene 2cm de potencia.			
AR-2	Arenisca grano fino/medio de color gris claro-beige, con una fina lámina de su misma litología que la recubre, también presenta oxidaciones anaranjadas y negras, no aprecio laminación, techo regular con un molde profundo que cubre aproximadamente la mitad de la potencia de la laja, que son unos 1'7 cm.			
BA-1	Arenisca grano muy fino (quizás una arenisca muy pulida en superficie), gris oscuro, la recubre una fina lámina que se conserva casi enteramente. Apariencia muy uniforme y no aprecio estructuras. Techo muy liso, regular, con moldes, potencia de la losa: 5cm y medio			
BA-2	Arenisca grano muy fino con un techo irregular, estas irregularidades hacen que sea más complicado apreciar la lámina que la recubre. Es base o muro con contramoldes, potencia de la losa 8cm y potencia de la laja 1'5cm			
BA-3	Arenisca de grano muy fino, techo con moldes regular y con la lámina cuyos límites son redondeados. Presenta algunas mineralizaciones. Potencia de la losa 5 cm			
BA-4	Arenisca de grano muy fino, techo con moldes algo irregular, lámina de 2mm, 4cm de losa.			
BA-5	Arenisca de grano muy fino, base muy regular con contramoldes, gotas de lluvia, no se aprecia la lámina fina ni laminación. Losa de 8cm y laja de unos 2 cm.			
BA-6	Arenisca de grano muy fino, base o muro regular con contramoldes, algunas oxidaciones. Se aprecian más de una laminas en superficie, varios niveles quizás. Losa de 6cm			
BA-7	Arenisca de grano fino color gris-ocre. Laminas. Base o muro con contramoldes. Diminutas mineralizaciones brillantes. Losa de 3cm			
BA-8	Arenisca grano fino con techo más bien regular con un molde, la lámina superior es de color beige y las siguientes son más grises. Losa de 2cm			
BA-9	Arenisca gris de grano fino, base o muro regular con contramoldes, se aprecia ligeramente laminación paralela? losa de 5 cm y laja de unos 3cm			
BA-10	Arenisca de grano fino gris con algún tono ocre, base o muro regular con contramoldes, presenta unas lineaciones oscuras visibles en la foto, laminación paralela? Losa de 5'5 cm			
BA-11	Arenisca gris de grano fino, base o muro con un contramolde claro y otro menos claro, regular con laminación. Losa de 2cm			

Anexo II: Entrevista realizada por correo electrónico a Javier Marí, descubridor de las icnitas en las lajas del empedrado de Bailo.

Preguntas sobre el descubrimiento de las icnitas de Bailo Externo Recibidos x   

Javier Osácar <815035@unizar.es>

5 mar 2025, 13:41

para jrodriguez@aragon.es, Diego, Aránzazu

Buenos días Javier

soy Javier Osácar, estudiante de geología en la Universidad de Zaragoza. Estoy haciendo el trabajo de fin de grado sobre las icnitas que descubriste en algunas lajas de la plaza de Bailo.

He preparado algunas preguntas al respecto que cuando tengas un momento, si no te importa, me interesaría que contestaras. Te las escribo a continuación:

¿Cuándo descubriste las icnitas? ¿La gente del pueblo ya sabía de su existencia?

¿Qué hiciste cuando las descubriste? ¿A quién notificaste?

¿Cómo han sido tratadas una vez descubiertas? ¿Despiertan algún interés en general, o entre la gente del pueblo o la zona? ¿A raíz del descubrimiento algún vecino te ha comunicado la existencia de huellas en otros lugares?

Muchas gracias por adelantado.

Un saludo

Javier Osácar Tena

para mí ▾

Hola Javier.

Como sabrás soy agente forestal, y en nuestro trabajo, entre otras cosas miramos continuamente al suelo. Tanto para no tropezar por el monte como para buscar la información que nos facilita continuamente. Rastros de animales, de personas, vehículos, maquinaria...Y es algo que acaba por convertirse en un hábito.

Yo vivo en Bailo desde 1995. Y sobre el año 2000, más o menos, se pavimentaron las calles de Bailo con losas de piedras. Y un día bastante después de acabada la obra, acerté a pasar por encima de una losa donde había una huella de un gato. No le di más importancia, pues cuando se hacen soleras de cemento, se imprimen todo tipo de huellas, y es frecuente encontrarlas. Hasta que, al pasar otra vez por encima de ella, cobre conciencia de que estaba impresa en la piedra y no en el cemento. Nadie del pueblo me había comentado nada al respecto.

No sé en qué momento concreto me dio por investigar a fondo la posible datación de la huella.

Como conocía el lugar de origen de las losas, empecé a buscar en internet los perfiles geológicos de la zona. Y cuando lo identifique, busque la fauna que podía existir en ese momento. Al ver que existió en aquel momento un animal parecido a nuestros gatos actuales, y que la huella era de una calidad asombrosa, me di cuenta de que tenía que dar cuenta del hallazgo. Para entonces, cada vez que salía, me dedicaba a fijarme en las losas de las calles del pueblo, encontrando más huellas, algunas en secuencias, parecidas a las de cérvidos...etc.

Después de tantos años, no puedo asegurarte que las fechas que te doy sean exactas. Y he perdido muchos correos de trabajo, por diversas circunstancias, que podrían dar luz a la cronología. El único que he encontrado es un correo, reenviado en 2012, donde no sé porque, no consta a quien lo envié. Así que no me acuerdo exactamente con qué departamento me puse en contacto, enviándoles fotos. Solo me acuerdo que años después, vinieron una pareja creo que, de geólogos, y les enseñe las huellas y la cantera de donde venían las losas.

Al pasar el tiempo, y viendo que las losas se deterioraban debido al tráfico. Volví a ponerme en contacto con no me acuerdo quien, para que, por favor, quitaran las losas más significativas. Lo que hicieron y creo que guardan en el ayuntamiento.

De vez en cuando, se ven visitantes que va mirando al suelo y reconociendo huellas. Supongo que son profesionales o estudiantes. La gente del pueblo, después de que corrió la noticia, también se dedicó a pasearse buscando huellas y comentar sobre lo que veían. Que si corzos, caballos...Pero sin darle mayor importancia.

Espero que todo esto te sirva para tu trabajo.

Gracias por tu interés.

Un saludo

Javier M^o Rodriguez Insausti
Agente para la Protección de la Naturaleza
Gobierno de Aragón