

41

DIRECCIÓN

Angélica Torices Hernández

SECRETARIA

Ana María Palomar Urbina

CONSEJO DE REDACCIÓN

Luis Español González
Rubén Esteban Pérez
Rafael Francia Verde
Juana Hernández Hernández
Alfredo Martínez Ramírez
Luis Miguel Medrano Moreno
Patricia Pérez Matute
Ignacio Pérez Moreno
Enrique Requeta Loza
Purificación Ruiz Flaño

CONSEJO CIENTÍFICO

José Arnáez Vadillo
(Universidad de La Rioja)
Blanca Bolea Alamanac
(Universidad de Toronto, Canadá)
Susana Caro Calatayud
(Instituto de Estudios Riojanos)
Eduardo Fernández Garbayo
(Universidad de La Rioja)
Rosario García Gómez
(Universidad de La Rioja)
José M^a García Ruiz
(Instituto Pirenaico de Ecología)
Javier Guallar Otazua
(Universidad de La Rioja)
Paulina Jimenez Huidobro
(Universidad de Bonn, Alemania)
Teodoro Lasanta Martínez
(Instituto Pirenaico de Ecología)
Joaquín Lasierra Cirujeda
(Hospital Universitario San Pedro, Logroño)
Luis Lopo Carramiñana
(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)
Fernando Martínez de Toda
(Universidad de La Rioja)
Juan Pablo Martínez Rica
(Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC)
Marisol Montellano Ballesteros
(Universidad Nacional Autónoma de México)
José Luis Nieto Amado
(Universidad de Zaragoza)
José Luis Peña Monné
(Universidad de Zaragoza)
Félix Pérez-Lorente
(Universidad de La Rioja)
Laura Tomasone
(Universidad de Turín, Italia)
Diego Troya Corcuera
(Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia, Estados Unidos)
Eduardo Viladés Juan
(Hospital Universitario San Pedro, Logroño)
María Jesús Villanueva Millán
(Cedars-Sinai Medical Center, Los Angeles, United States)
Carlos Zaldivar Ezquerro
(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)

DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Instituto de Estudios Riojanos
C/ Portales, 2
26071 Logroño
publicaciones.ier@larioja.org

Suscripción anual España: 8 €
Suscripción anual extranjera: 15 €
Número suelto: 9 €

INSTITUTO DE ESTUDIOS RIOJANOS

ZUBÍA

REVISTA DE CIENCIAS

Núm. 41

Gobierno de La Rioja
Instituto de Estudios Riojanos
LOGROÑO
2023

Zubía. -N. 3 (1985)-. - Logroño : Instituto de Estudios Riojanos, 1985-v. : il. ; 24 cm
Anual
D.L. LO 56-1986
Es suplemento de esta publicación: Zubía. Monográfico, ISSN 0213-4306
Es continuación de : Berceo. Ciencias
ISSN 0213-4306 = Zubía

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de los titulares del copyright.

© Logroño, 2024
Instituto de Estudios Riojanos
C/ Portales, 2.
26001-Logroño, La Rioja (España)

© Imágenes de cubierta: Félix Pérez-Lorente y Esperanza García-Ortiz

Imprime: Gráficas Isasa, S. L. - Arnedo (La Rioja)

ISSN 0213-4306

Depósito Legal LO-56-1986

Impreso en España - Printed in Spain

ÍNDICE

JOSÉ ANTONIO ARIZALETA URARTE, IN MEMORIAM

Patricia Pérez Matute

7

CARLOS ZALDÍVAR EZQUERRO, RICARDO ZALDÍVAR LÓPEZ

El decaimiento de los peces autóctonos del río Ebro (España): apuntes para su historia contemporánea

The decay of the native freshwater fish of the Ebro River (Spain): notes for its contemporary history

9-82

ESPERANZA GARCÍA-ORTIZ Y FÉLIX PÉREZ-LORENTE

Nuevas observaciones (pisadas y marcas de natación de dinosaurios) en el yacimiento de La Cela (Muro en Cameros, La Rioja, España)

New observations (dinosaur footprints and swimming traces) at the Cela site (Muro en Cameros, La Rioja, Spain)

83-124

PEDRO MUÑOZ, CARLOS GONZÁLEZ-MENORCA, REBECA

SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, NURIA CANDELA (†)

El rol de la digestión anaerobia en la agroindustria riojana en el marco de la transición energética

Mapping of wastes and by-products from the food industry and its role in gas sector

125-144

MAITE CORTÉS ANTOLÍN, MARIANO LAGUNA OLMOS, JOSÉ FÉLIX GARCÍA FERNÁNDEZ, SARA ARRIETA BRETÓN, ANA CRISTINA RUIZ PEÑA, ANDREA GUTIÉRREZ LANDALUCE

Aspecto placentario anormal, placenta gruesa de aspecto radial como marcador ecográfico de resultado perinatal adverso. Reporte de 3 casos

Abnormal placental appearance, thick placenta with radial appearance as a sonographic marker for adverse perinatal outcome. A report of 3 cases

145-154

**PALOMA SEVILLA ORTEGA, PAULA ISLA SARASA, AMAIA AGUIRRE
ETXEBARRÍA, MANUEL MALILLOS TORÁN, BORJA ANTÓN CAPITÁN,
NATALIA IBAÑEZ APARICIO**

Hernia abdominal como complicación tras fusión lumbar intersomática mediante
abordaje lateral transposas. A propósito de un caso

*Abdominal hernia as a complication after lumbar intersomatic fusion through
lateral transposas approach. A case report*

155-162

JUAN JOSÉ RUIZ EZQUERRO, VANESSA CISTERÉ LÓPEZ

Ignacio Pascual Castroviejo (Sorzano 1934-Madrid 2022). Fundador de la
Neurología infantil española

*Ignacio Pascual Castroviejo (Sorzano 1934-Madrid 2022). The founder of
Spanish Child Neurology*

163-176

SECCIÓN VARIA

JUAN JOSÉ MOLINA, ALVARO CAMIÑA

Nota sobre la observación de Fístula oral en Focha común (*Fulica atra*) en
La Grajera, Logroño

*Observation of an Oral Fistula in the Eurasian Coot (Fulica Atra) in La Grajera
dam, Logroño*

179-182

JOSÉ ANTONIO ARIZALETA URARTE, *IN MEMORIAM*

El pasado mes de febrero del presente año falleció José Antonio Arizaleta Urarte, investigador agregado del IER desde el año 1985 y miembro del consejo científico de la revista de ciencias naturales Zubía desde 1998. Su trayectoria científica estuvo ligada principalmente al campo de la botánica y al ecosistema natural riojano. De ello son testigo los numerosos artículos que publicó en las páginas de la revista Zubía y su colaboración en obras colectivas y otros libros de nuestra Comunidad Autónoma. Desde estas líneas nos gustaría recordarle con cariño y subrayar sus aportaciones fruto de un gran esfuerzo investigador. La ciencia se hace gracias al trabajo de personas como José Antonio.

Patricia Pérez Matute

Directora del área de Ciencias Naturales, IER

EL DECAIMIENTO DE LOS PECES AUTÓCTONOS DEL RÍO EBRO (ESPAÑA): APUNTES PARA SU HISTORIA CONTEMPORÁNEA

CARLOS ZALDÍVAR EZQUERRO¹

RICARDO ZALDÍVAR LÓPEZ²

RESUMEN

Se ha realizado una revisión bibliográfica para cuantificar los cambios de distribución sufridos por los peces nativos del río Ebro. Como consecuencia de las alteraciones producidas por la actividad humana, los rangos de distribución de las especies autóctonas de peces del río Ebro se han reducido en una media superior al 62%, se han extinguido 5 especies (18,52%), otras 18 (66,67%) han mermado sus áreas de distribución y solo 4 (14,81%) las conservan en toda su extensión. Trece factores de amenaza explicarían este retroceso, y los más citados en la bibliografía son la contaminación de las aguas, la construcción de presas y embalses, la introducción de especies exóticas y los dragados y canalizaciones. Ello indica que las iniciativas llevadas a cabo por las administraciones para proteger los peces nativos del río Ebro no han sido eficaces. Se sugiere abordar esta pérdida de biodiversidad desde un planteamiento ecosistémico más amplio, que se centre en la restauración de los hábitats y los regímenes de caudales naturales, desde una gestión que coordine en esa dirección a todas las administraciones y entidades que gestionan la cuenca.

Palabras clave: *Peces autóctonos, Río Ebro, España, Decaimiento.*

A bibliographic review has been carried out to quantify the distribution changes suffered by the native freshwater fish of the Ebro River. As an impact of the alterations produced by human activity, the distribution ranges of the native fish species of the Ebro River have been reduced by 62%, 5 species (18.52%) have become extinct, another 18 (66.67%) have reduced their distribution areas and only 4 (14.81%) preserve them in their entire length. There are thirteen threat factors that would explain this decline; the most cited in the literature are: water pollution, the construction of dams and

1. Instituto de Estudios Riojanos. carlos.zaldivar.ezquerro@gmail.com

2. Sociedad de Ciencias Aranzadi. rzaldivarlopez@gmail.com

reservoirs, the introduction of exotic species and dredging and canalizations. This indicates that the initiatives carried out by the administrations to protect the native fish of the Ebro River have not been effective.

It is suggested that this loss of biodiversity be addressed from a broader ecosystem approach, which focuses on the restoration of habitats and natural flow regimes, from a management that coordinates all administrations and entities that manage the basin in that direction.

Keywords: Native freshwater fish, Ebro River, Spain, Decay.

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos son medios que albergan una gran biodiversidad pero se encuentran gravemente amenazados por múltiples factores. Desde 1970 hasta 2016, la pérdida de biodiversidad de animales vertebrados en los ecosistemas de agua dulce de todo el mundo ha disminuido un 84% de promedio y, en Europa, el 60% de los ríos, humedales y acuíferos se encuentran en mal estado ecológico (WWF, 2020). Si se aplican los criterios que utiliza la UICN, casi el 40% de las especies piscícolas de agua dulce de todo el mundo están amenazadas (Kottelat y Freyhof, 2007).

Los ríos españoles no son ajenos a esta problemática generalizada de degradación ecosistémica (Doadrio *et al.*, 1991; Elvira y Almodóvar, 2006; Ollero, 2007; Aparicio *et al.*, 2016, Soler-Vilaplana, 2020). El Ebro tampoco es una excepción. Este río es el segundo más caudaloso de la península Ibérica, discurre enteramente por España, tiene 930 km de longitud y, tras el Nilo, es el más largo de todos los que desembocan en el mar Mediterráneo (ver *Figura 1*).

Desde el punto de vista ecogeográfico, el río se puede dividir en tres grandes tramos: el Alto Ebro, el Ebro Medio y el Bajo Ebro (Ollero, 2002). El Alto Ebro se extiende a lo largo de unos 252 km desde el pico Tres Mares (2.164 m s.n.m.), Campoo-Reinosa (Cantabria), hasta el desfiladero de las Conchas de Haro (464 m s.n.m.), en La Rioja, con unas pendientes medias comprendidas, según los tramos, entre el 4 por mil y el 1,9 por mil (Ollero, 2002). El Ebro Medio termina a la altura de Mequinenza (70 m s.n.m.), en Aragón, tras recorrer unos 532 km con una pendiente media del 0,66 por mil (Ollero, 2002). Y el Bajo Ebro acaba en el Delta (Cataluña), después de atravesar en torno a 146 km con una pendiente media en torno al 0,17 por mil (Ollero, 2002).

Desde el punto de vista administrativo, la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) se ocupa de la gestión del agua y las riberas de toda la cuenca, pero el Ebro atraviesa siete comunidades autónomas (Cantabria, Castilla y León, País Vasco, La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña), cada una con normativas territoriales de protección de fauna propias que, aunque

complementan las directrices generales europeas y españolas, complican la necesaria unidad de gestión.

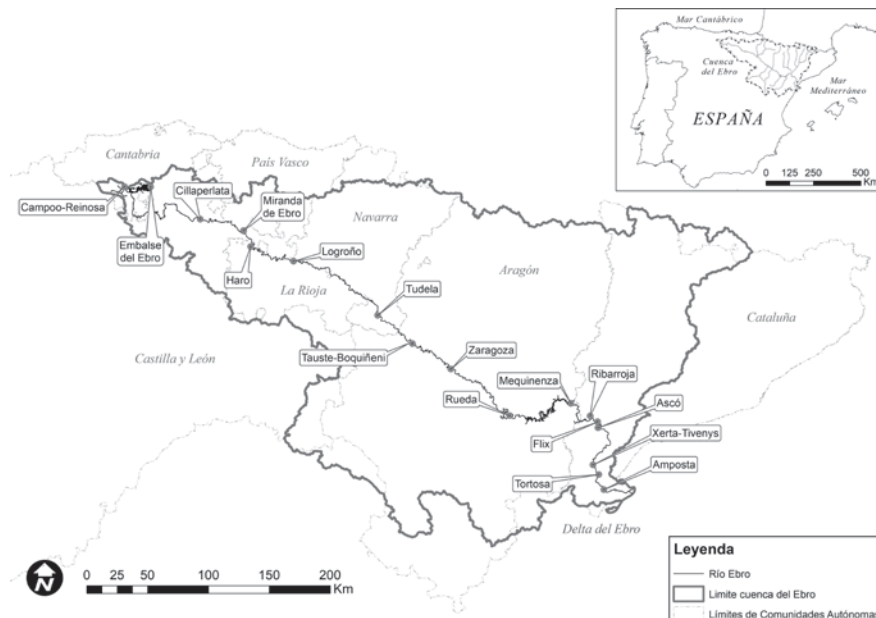


Figura 1: Situación geográfica del río Ebro y su cuenca con respecto a la península Ibérica, las Comunidades Autónomas y las localidades de interés.

Además, desde el punto de vista de los impactos ambientales, a lo largo del eje principal del valle del Ebro se han construido 18 embalses y se han levantado decenas de azudes de menor tamaño que han variado la conectividad, la diversidad piscícola natural y la capacidad colonizadora de las especies exóticas (p. ej., Radinger *et al.*, 2019; Radinger y García-Berthou, 2020). Desde 1950, las riberas naturales del Ebro han mermado su extensión en aproximadamente el 60% y se han construido defensas que han roto la dinámica fluvial y sus aguas soportan una elevada contaminación (p. ej., Ollero, 2002). En los últimos sesenta años, el cambio climático y las detracciones de agua han disminuido el caudal medio en la desembocadura del río Ebro en más del 48% (CHE, 2019). En el cauce principal del Ebro y su Delta, se han descrito históricamente un total de 27 especies autóctonas, algunas exclusivas de la zona deltaica y, hasta la fecha, se han contabilizado 18 especies exóticas invasoras a lo largo de su recorrido (Doadrio *et al.*, 2011; Aparicio *et al.*, 2016).

Los principales objetivos de este trabajo son cuantificar, basándose en datos históricos publicados, la contracción de la distribución de las especies piscícolas autóctonas a lo largo del río Ebro, así como detectar las actividades humanas que la bibliografía cita como causantes de esta generalizada reducción.

2. METODOLOGÍA

Este estudio está basado en la revisión de 135 publicaciones que incluyen datos geográficos, más o menos precisos, sobre la presencia y/o distribución de las diferentes especies de peces autóctonos del cauce del río Ebro y su Delta, sin incluir ninguno de sus afluentes, desde su nacimiento hasta su desembocadura.

La tipología de las fuentes documentales consultadas es diversa y el estudio abarca un periodo de 221 años, los comprendidos entre la publicación de Asso (1801) y la de Quesada-Lara y Agulló-Villaronga (2022), ambas reseñadas en el apartado de Referencias bibliográficas de este trabajo. El protocolo de búsqueda bibliográfica incluyó la prospección digital de revistas y publicaciones relacionadas con la ictiología, la pesca, la navegación y la ingeniería fluviales, así como la normativa de protección y conservación de los espacios naturales, que pudieran aportar datos geográficos sobre la presencia de las especies piscícolas en el río Ebro, así como la petición a bibliotecas públicas y privadas de monografías y artículos no digitalizados. Se revisaron también trabajos que investigan la dieta de animales piscívoros como nutrias, visones o garzas en la zona de estudio (ej.: Callejo y Delibes, 1987), pero se descartaron porque la amplia movilidad de estos animales no permite determinar con exactitud si los peces fueron capturados en el propio río Ebro o en los ríos y arroyos tributarios adyacentes, normalmente con características hidrobiológicas diferentes al cauce principal.

Los datos recopilados se han considerado como seguros en todos los casos, aunque la exactitud de algunos podría ser objeto de debate. Cuestión que excede los objetivos del presente trabajo. Para situar cada uno de los hitos geográficos o localidades de interés que han arrojado datos o sus efectos sobre la fauna piscícola (pesca, presas, límites provinciales, términos municipales, etc.), el cálculo -siempre aproximado- de los kilómetros se ha hecho con la ayuda del sistema de información geográfica *Google Earth*, en su versión gratuita (ver *Tabla 1*).

Para expresar la disminución de área de distribución aproximada de cada una de las especies a lo largo del cauce principal del Ebro, se ha utilizado como indicador los km de tramo de río con presencia de la especie perdidos a lo largo de la historia, expresados en porcentaje, salvo para las especies deltaicas, que se ha utilizado la diferencia, también expresada en porcentaje, entre las cuadrículas UTM con presencia potencial de la especie y las de presencia actual, por comparación entre los mapas recogidos en Demestre *et al.* (1977) y en López *et al.* (2012).

En cada especie se han seleccionado los documentos con apartados de conservación, se ha elaborado una lista con los factores de amenaza hallados y se han ordenado atendiendo al número de veces que se citan.

Las estimaciones se han calculado para cada una de las especies nativas de peces, para el río Ebro en todo su recorrido y para los tres tamos de río (Alto, Medio y Bajo) definidos por Ollero (2002).

Para la elección de las especies incluidas en el estudio, de su nomenclatura y del orden de presentación, se ha seguido principalmente a Doadrio *et al.* (2011) y, en cuanto las especies no mencionadas por estos autores, a Aparicio *et al.* (2016). El número final de especies mapeadas en este estudio es 27, entre las que cuatro son estrictamente deltaicas. También se han analizado dos especies más (gobio y tenca), pero no se han mapeado por existir dudas sobre su procedencia nativa en la zona de estudio.

Tabla 1: Localidades de interés con referencia a la distancia aproximada que las separa del nacimiento del río Ebro y la pesca que se practicaba en ellas según Madoz (1845)

MUNICIPIO	TEXTO DEL DICCIONARIO MADDOZ (1845)	km
CAMPOO-REINOSA, Cantabria	pesca de ricas truchas	0
RETORTILLO, Cantabria	pesca de truchas y anguilas	12
VALDEARROYO, Cantabria	pesca de truchas, anguilas y barbos	21
BARCENA DE EBRO, Cantabria	pesca de ricas truchas y anguilas muy sabrosas	43
POLIENTES, Cantabria	pesca de truchas, anguilas y barbos	67
ROCAMUNDO, Cantabria	pesca de truchas	68
VILLOTA, Cantabria	pesca de truchas, barbos y anguilas	74
VILLAESCUSA DE EBRO, Cantabria	pesca de truchas, anguilas y barbos	80
ESCALADA, Burgos	pesca de truchas, anguilas, barbos y otros peces	92
CORTIGUERA, Burgos	pesca de truchas, anguilas y barbos	101
TUBILLEJA, Burgos	pesca de anguilas, truchas y barbos	112
VALLEJO DE ARREBA, Burgos	pesca de barbos, truchas y anguilas	118
MANZANEDO, Burgos	pesca de truchas, anguilas, barbos y otros peces	123
REMOLINO, Burgos	pesca de truchas, barbos, anguilas y otros peces menores	132
PUENTE ARENAS, Burgos	pesca de barbos, truchas y anguilas	140
HOZ DE VALDIVIELSO, Burgos	pesca de truchas, barbos, anguilas y peces	149
CERECEDA, Burgos	pesca abundante de barbos, anguilas y truchas	154
TRESPADERNE, Burgos	pesca de truchas, anguilas y barbos	164
FRÍAS, Burgos	pesca de anguilas, barbos, truchas y peces	177
MONTEJO DE SAN MIGUEL, Burgos	pesca de truchas, barbos, anguilas y otros peces pequeños	181
MONTEJO DE CEBAS, Burgos	pesca de truchas, barbos y anguilas	181
QUINTANA M. GALÍNDEZ, Burg.	pesca de anguilas, truchas, barbos y loinas	185
GAROÑA, Burgos	pesca de barbos, truchas, anguilas, loinas, peces y cangrejos	191
BARCINA DEL BARCO, Burgos	pesca de truchas, anguilas, barbos, cachos y bogas	193
STA. M ^a DE GAROÑA, Burgos	abundante pesca en el río Ebro	195
PUENTELARRÁ, Álava	pesca de anguilas, barbos y algunas truchas	212

MUNICIPIO	TEXTO DEL DICCIONARIO MADDOZ (1845)	km
FONTECHA, Álava	pesca de truchas, barbos y anguilas	216
SUZANA, Burgos	pesca de anguilas, barbos y truchas	221
MIRANDA DE EBRO, Burgos	...ganado, caza y pesca...	227
ZAMBRANA, Álava	pesca de truchas, anguilas y barbos	233
HARO, La Rioja	pesca de truchas, barbos y anguilas	252
LABASTIDA, Álava	mucha pesca en el Ebro	259
S. VICENTE DE LA SON., La Rioja	pesca de anguilas, barbos y alguna trucha	259
BAÑOS DE EBRO, Álava	alguna pesca	276
CENICERO, La Rioja	pesca de barbos, truchas y anguilas	283
ELCIEGO, Álava	pesca de anguilas, truchas y barbos	287
LA PUEBLA DE LA BARCA, Álava	pesca de anguilas, truchas y barbos	296
ASA (LANCIEGO), Álava	pesca de anguilas, truchas, barbos y cangrejos	306
EL CORTIJO, La Rioja	pesca de anguilas, barbos y truchas	309
LOGROÑO, La Rioja	es abundante y sabrosa la pesca de los r., que consiste en anguilas, madrillas y tencas	316
VIANA, Navarra	abundante pesca	324
LAZAGURRÍA, Navarra	pesca de barbos	338
ARRÚBAL, La Rioja	pesca de diversas clases en el Ebro	343
MENDAVIA, Navarra	abundante pesca en el Ebro	353
ALCANADRE, La Rioja	pesca de truchas, anguilas, barbos y madrillas en el Ebro	357
LODOSA, Navarra	pesca de anguilas, barbos y madrillas	363
CALAHORRA, La Rioja	en el r. Ebro pesca de anguilas y otros peces	381
AZAGRA, Navarra	mucha y variada pesca en el Ebro	391
MILAGRO, Navarra	pesca de anguilas, barbos y otros peces	411
CADREITA, Navarra	pesca de varias clases	420
ALFARO, La Rioja	distintas clases de pesca en ambos r.	420
TUDELA, Navarra	los r. Ebro y Queiles: y pesca de anguilas, barbos, madrillas y algunas truchas y tencas	444
FONTELLAS, Navarra	pesca en el río Ebro	452
FUSTIÑANA, Navarra	pesca de barbos y madrillas	461
BUÑUEL, Navarra	pesca de anguilas, barbos, madrillas, truchas y carpas en el r. Ebro	467
CORTES, Navarra	pesca de anguilas y barbos	476
NOVILLAS, Zaragoza	á la margen der. del r. Ebro, cerca á la confluencia del r. Huecha // y pesca de barbos, madrillas y anguilas	476
TAUSTE, Zaragoza	ríos Arba y Ebro: y pesca de barbos, anguilas y truchas en el Ebro	485
GALLUR, Zaragoza	y pesca de anguilas, barbos y madrillas en el Ebro	487

MUNICIPIO	TEXTO DEL DICCIONARIO MADDOZ (1845)	km
BOQUIÑENI, Zaragoza	en el Ebro se cogen muchas anguilas, truchas y barbos	494
LUCENI, Zaragoza	pesca en el r. de anguilas, madrillas y barbos	500
ALCALÁ DE EBRO, Zaragoza	en el r. hay abundante pesca especialmente de anguilas exquisitas.	506
GRISÉN, Zaragoza	hay pesca de barbos, tencas y anguilas	
TORRES DE BERRELLÉN, Zaragoza	ríos Ebro y Jalón: pesca de anguilas, barbos y madrillas	534
LA JOYOSA, Zaragoza	pesca de anguilas y cangrejos	534
MARLOFA, Zaragoza	pesca de anguilas y cangrejos.	534
SOBRADIEL, Zaragoza	pesca en el r. de anguilas, barbos y otros peces	540
LAS CASETAS, Zaragoza	pesca de tencas en algunas balsas que hay cerca del pueblo	544
UTEBO, Zaragoza	pesca de anguilas	544
ALFOCEA, Zaragoza	abundante pesca	546
MONZALBARBA, Zaragoza	pesca de anguilas y barbos	548
MOVERA, Zaragoza	pesca de barbos y anguilas	568
PASTRIZ, Zaragoza	la escasa pesca que ofrece el r. // La vecindad se surte para sus usos de las aguas del Ebro que son buenas	575
TORRE DE ALFRANCA, Zaragoza	Galacho de la Alfranca y río Gállego: pesca de anguilas, tencas, carpas y alguna trucha	581
EL BURGO DE EBRO, Zaragoza	pesca de anguilas	586
VILLAFRANCA DE EBRO, Zaragoza	acequias del Gállego y del Ebro: hay escasa pesca en el r.	595
OSERA DE EBRO, Zaragoza	pesca de barbos	605
FUENTES DE EBRO, Zaragoza	en una acequia del Ebro /r. Gmel). pesca de barbos, anguilas y madrillas	605
PINA DE EBRO, Zaragoza	(partido judicial, 18 ayuntamientos. pesca en el r. de barbos, madrillas, alguna tenca, sabogas, lisas y anguilas) // pesca en el r. de barbos y madrillas	614
VELILLA DE EBRO, Zaragoza	pesca de barbos y anguilas	634
SÁSTAGO, Zaragoza	en Sástago se trabajan navajas y cuchillos con mango de concha muy estimados dentro y fuera de Aragón (INDUSTRIA EN Caspe)	
MONASTERIO DE RUEDA, Zaragoza	(desembocadura del río Martín) pesca en el r. de truchas, barbos y otros sabrosos peces	676
ESCATRÓN, Zaragoza	pesca de madrillas, barbos y anguilas	676
CASTELNOU, Zaragoza	río Martín (afl. Ebro): pesca de madrillas y barbos	
CHIPRANA, Zaragoza	pesca de anguilas y tencas, (<i>Complejo Lagunar de las Saladas de Chiprana</i>)	708

MUNICIPIO	TEXTO DEL DICCIONARIO MADDOZ (1845)	km
CASPE, Zaragoza	en la huerta y sus diferentes partidas se hallan 5 estancas ó lagunas pobladas de sisea, cañeta y espadaña, y que abundan en topos, nutrias, anguilas, cangrejos, tencas, sanguijuelas y algunas aves acuáticas //...pesca de todas especies.	723
MEQUINENZA, Zaragoza	pesca en los ríos de barbos, anguilas, lampreas, sabogas y lizas.	784
FAYÓN, Zaragoza	pesca en los r.	806
RIBARROJA, Tarragona	pesca de anguilas y barbos en el mencionado r.	821
MORA DE EBRO, Tarragona	pesca de barbos y anguilas.	856
GANDESA (Part. Jud.), Tarragona	(incluye 18 pueblos "y ocupan sobre la ribera del Ebro, Ascó, Benisanet, Flix, Mirabel, Mora de Ebro y Ribarroja") y la pesca del barbo, anguila, madrilla y tenca, es poco considerable, y reducida al río Algas y Canaleta; pero la del río Ebro, es abundante en ciertas épocas del año, de barbos, tencas, bogas, anguilas, lampreas y sollos, algunos de más de 4 arrobas de peso.	856
XERTA-TIVENYS, Tarragona	pesca de sabogas, sollos y lampreas en el río	879
TORTOSA, Tarragona	la pesca de sabogas y lampreas en la población situada a la orilla del Ebro, y de variadas especies en la costa marítima que extraen para varios puntos.	894
AMPOSTA (DELTA), Tarragona	también se cogen todos los años en los pantanos de 150 á 200,000 sanguijuelas de superior calidad, y una multitud de otras más inferiores. Hay muchos galápagos, y es tan abundante y sabroso en ellos el pescado, que anualmente se dedican á la pesquería de 40 á 50 hombres...Abunda en toda clase de pesca	913 (930)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Lamprea marina. *Petromyzon marinus* Linnaeus, 1758

La lamprea marina es un petromizóntido (Fam. Petromyzontidae) migratorio anádromo que vive en la zona templada del hemisferio norte, a ambos lados del Atlántico. Para reproducirse en la península Ibérica asciende por diferentes ríos atlánticos y, en menor medida, por los mediterráneos (Doadrio *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2019), pudiendo desovar a centenas de kilómetros de la desembocadura si no encuentra obstáculos que se lo impidan en su migración río arriba.

Sobre su situación en la antigüedad hay referencias escritas de pesca de la lamprea marina en Tortosa desde el siglo XIV (Boquera y Quiroga, 2001), también en Graells (1864). Y son varios los autores que se refieren a

su presencia en el Ebro y pesca más abundante en el río Miño que en otros ríos peninsulares (Graells, 1864; Lozano-Rey, 1919; De Buen, 1930; Lozano-Rey, 1935; Pardo, 1945).

En su Diccionario, Madoz (1845), dejó constancia de que se pescaba a lo largo del río Ebro en Mequinenza (a unos 146 km de la desembocadura), en los pueblos ribereños del antiguo partido judicial de Gandesa (Ribarroja, Flix, Ascó, Mora de Ebro, Benisanet y Miravet), donde era “abundante en ciertas épocas del año”, y en los del partido judicial de Tortosa (Ginestar, Benifallet, Tivenys, Tortosa, Xerta, Aldover y Amposta), tramo en el que “era mucha” la pesca de lampreas y otras especies.

Por su parte, Steindachner (1866) escribe que la lamprea marina es “muy frecuente en el Ebro en Tortosa y Zaragoza”, esta última situada a unos 386 km aguas arriba del delta del Ebro. Y Anónimo (1952) -coincidiendo con Steindachner- incluye un pequeño mapa de España con la distribución geográfica de la lamprea de mar que la sitúa desde el Delta hasta cerca de Zaragoza, localidad que se toma como límite superior de su área vital originaria en el río Ebro.

Más recientemente, Lozano-Cabo (1964) comenta que “ha sido más abundante en tiempos pasados que en la actualidad”, Demestre *et al.* (1977) no incluyen a *P. marinus* entre las especies presentes en el delta del Ebro, García de Jalón *et al.* (1989) no la citan en el Ebro y Boquera y Quiroga (2001) la dan por extinta en Xerta-Tivenys desde los años ochenta del siglo pasado.

Sin embargo, Sostoa y Sostona (1979) sostienen que *P. marinus* era “bastante común antaño en la cuenca del Ebro, en la actualidad debe ser considerada como accidental”. Coinciden con esta apreciación otros autores que le relegan al tramo final del río Ebro y el Delta (Doadrio *et al.*, 1991; Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Doadrio *et al.*, 2002; Doadrio *et al.*, 2011; Perea *et al.*, 2011; Aparicio *et al.*, 2016), así como en el proyecto Migratoebre (2014) se considera que “tiene una población escasa en Catalunya, básicamente solo en el bajo Ebro y en el Delta, y probablemente al límite de su supervivencia”. Al respecto, Ordeix, *et al.* (2014) contabilizan en los últimos 30 años 22 ejemplares capturados aguas abajo del azud de Xerta-Tivenys, 17 de ellos entre 1990 y 1992.

Dada la situación, se considera que actualmente el límite superior hasta donde *P. marinus* aún podría remontar el río Ebro está en el azud de Xerta-Tivenys, a unos 51 km de la desembocadura del Ebro. En este caso, con el recrecimiento del azud de Xerta-Tivenys en 1857 se habría restringido el área de cría de la lamprea marina en el río Ebro en torno a 335 km, alrededor del 86,79% del tramo de río que históricamente ocupó (Fig. 2). Así mismo habría reducido su población hasta el extremo de no tener observaciones recientes (Aparicio *et al.*, 2016).

Factores de amenaza citados en los 11 documentos sobre *P. marinus* con apartado de conservación:

Construcción de presas y embalses (9), contaminación de las aguas (9), dragados y canalizaciones (7), pesca abusiva (5), extracción de áridos (4), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (3), cambio climático (1) (Doadrio *et al.*, 1991; Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infesta, 2002; Doadrio *et al.*, 2011; Perea *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017; Silva *et al.*, 2019).

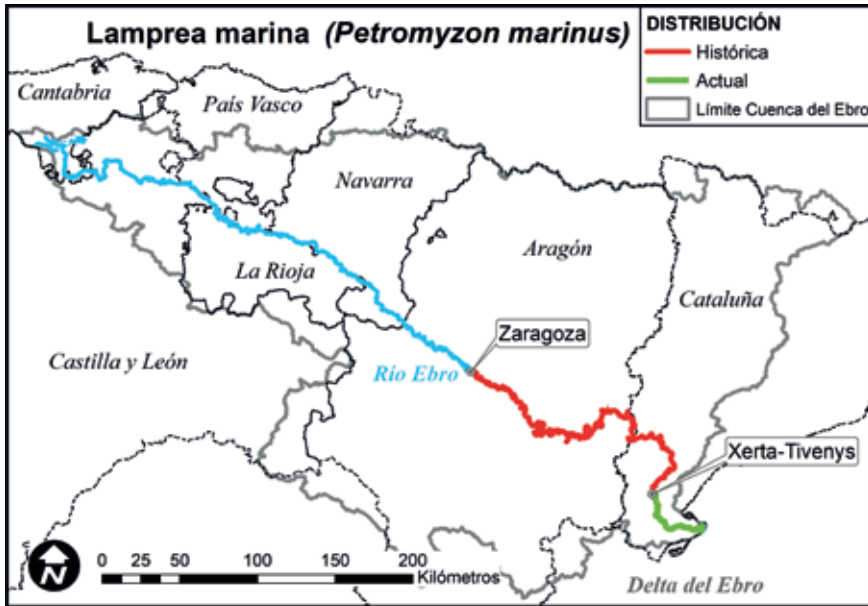


Figura 2: Distribución histórica y actual de la lamprea marina (*Petromyzon marinus*) en el río Ebro.

3.2. Esturión o sollo. *Acipenser sturio* Linnaeus, 1758

Pez de gran talla, migratorio anádromo, cuyos longevos adultos son capaces de remontar los grandes y medianos ríos para reproducirse y luego volver al mar para seguir su vida por las costas europeas. En la España peninsular hay citas históricas de esturiones a lo largo de diversos cursos fluviales, tanto atlánticos como mediterráneos, pero en la actualidad se cataloga como especie desaparecida (Salvador, 2012).

Extinto en el río Ebro desde la década de los 70 (s. XX), su presencia a lo largo de este cauce, su pesca, su declive histórico y su posible recuperación, están sobradamente documentados, especialmente en su tramo final (Madoz, 1845; Graells, 1864; Steindachner, 1866; Cisternas, 1867; Pérez-Arcas, 1921; De Buen, 1930; Lozano-Rey, 1935; Pardo, 1945; Anónimo, 1952; Elvira *et al.*, 1991; Doadrio *et al.*, 1991; Almacá y Elvira, 2000; Boquera y Quiroga, 2001; Salvador, 2012; López *et al.*, 2014; Migratoebre, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

Desde el punto de vista histórico, se puede situar a la altura de Tudela, en aguas navarro-riojanas, el tramo conocido más elevado que gozara con su presencia en el río Ebro, según consta en un Documento de la Cámara de Comptos de Navarra –cuyo primer libro data de 1258- depositado en el Archivo Real y General de Navarra, que confirma la existencia en Tudela de una Reserva Real para las crías de sollo (Magaña (co.), 1999; Zaldívar, 2006).

Ello supone un tramo original ocupado por *A. sturio* en el río Ebro de alrededor de 490 km de longitud, acortado en unos 439 km en el siglo XV tras la construcción del azud de Xerta-Tivenys (Salvador, 2012), y que el tramo resultante de unos 51 km actualmente ha quedado reducido a cero tras extinguirse la especie hace unos 50 años (Fig. 3).

Factores de amenaza citados en los 11 documentos sobre *A. sturio* con apartado de conservación:

Construcción de presas y embalses (11), contaminación de las aguas (9), pesca abusiva (7), extracción de áridos (7), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (4), dragados y canalizaciones (3), introducción de especies alóctonas (1) (Lozano-Cabo, 1964; Doadrio *et al.*, 1991; Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Almaça y Elvira, 2000; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; Salvador, 2012; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017).

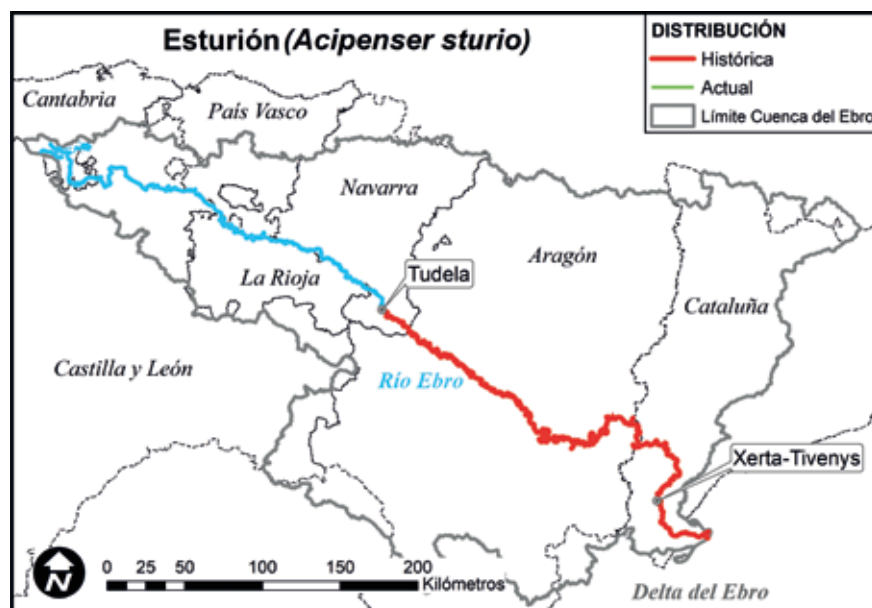


Figura 3: Distribución histórica y actual del esturión (*Acipenser sturio*) en el río Ebro.

3.3. Saboga. *Alosa fallax* (Lacépède, 1803)

La saboga es un pez eminentemente marino, migratorio y anádromo que se distribuye por las costas atlánticas y mediterráneas europeas y nor-

teáfricanas. En la península Ibérica remonta con mayor frecuencia los ríos mediterráneos más caudalosos hasta su tramo bajo (Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Doadrio *et al.*, 2011).

Al parecer, el río Ebro albergaba históricamente una de las mejores poblaciones de saboga del mediterráneo occidental, pero la gran similitud morfológica entre *A. fallax* y *A. alosa* ha contribuido a lo largo de los siglos a que sean frecuentemente confundidas entre sí por los pescadores (Arias y de la Torre, 2019). A pesar de ello, se ha creído conveniente respetar las denominaciones vernáculas y científicas dadas por autores como Asso (1801), Madoz (1845), Graells (1864), Steindachner (1866) o Pérez-Arcas (1921) que localizaban a una, otra o las dos especies en el río Ebro.

Según el Diccionario Madoz (1845), las sabogas se pescaban en este río hasta Mequinenza al menos, localidad situada a unos 146 Km aguas arriba de su desembocadura en el mar Mediterráneo. En concreto, Madoz menciona su pesca en Mequinenza, Xerta y el antiguo partido judicial de Tortosa (Ginestar, Benifallet, Tivenys, Tortosa, Xerta, Aldover y Amposta), donde “es mucha ...//... la pesca de sabogas y lampreas en las poblaciones situadas a la orilla del Ebro”.

Hasta principios del siglo XX en las almadrabas de Tortosa, Xerta y Tivenys se pescaban “miles de arrobas”, pero este tipo tradicional de pesca dejó de ser rentable en la década de los 60 (s. XX) por falta de capturas y, en los tiempos actuales, la presencia de sabogas es testimonial, ya que en los años noventa los ejemplares pescados se contaban por unidades o decenas como mucho (Boquera y Quiroga, 2001). No obstante, el LIFE Migratoebre advierte de una pequeña recuperación de la especie a partir de 2001 basada en la ausencia de pesca profesional y la mejora de la calidad de las aguas (Migratoebre, 2014). Población que vuelve a contar con unos pocos individuos reproductores (SIBIC, 2017; López *et al.*, 2012).

De esta manera, el recrecimiento del azud de Xerta-Tivenys en 1857 –situado a unos 51 km de la desembocadura del Ebro– habría provocado la reducción del área de freza de la saboga en el río Ebro en torno a 95 km, aproximadamente el 65,07% del tramo históricamente conocido en los últimos 150 años (Fig. 4). Valoración que coincide con el área de distribución mostrada por otros autores (Anónimo, 1952; Doadrio *et al.*, 1991; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

Factores de amenaza citados en los 11 documentos sobre *A. fallax* con apartado de conservación:

Contaminación de las aguas (11), construcción de presas y embalses (9), pesca abusiva (6), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (3), extracción de gravas (2), dragados y canalizaciones (2), cambio climático (1) (Doadrio *et al.*, 1991; Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infesta, 2002; Freyhof y Kottelat, 2008a; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017; Nachón *et al.*, 2019a).

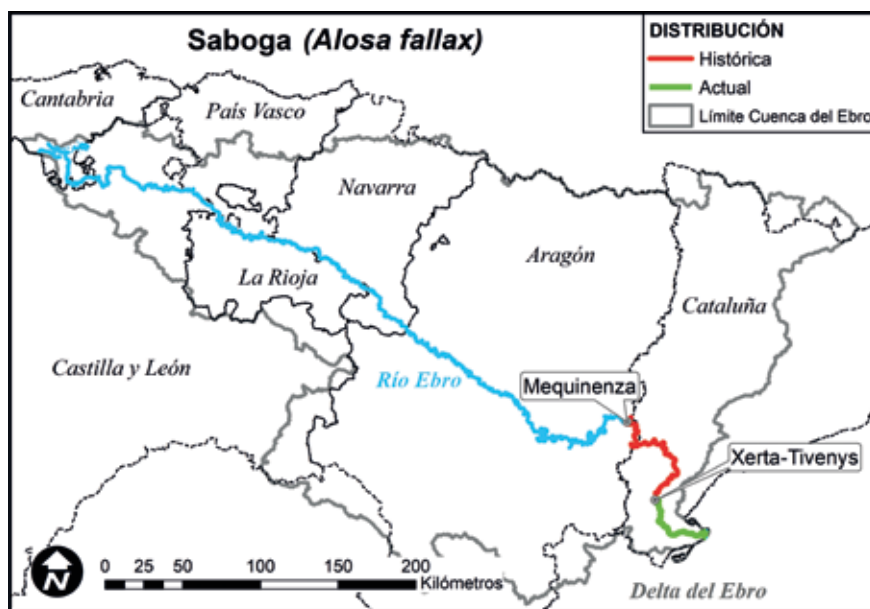


Figura 4: Distribución histórica y actual de la saboga (*Alosa fallax*) en el río Ebro.

3.4. Sábalo. *Alosa alosa* (Linnaeus, 1758)

Pez de fisonomía, comportamiento trófico y reproductor muy parecidos a la saboga, salvo que localiza sus frezaderos varios cientos de kilómetros aguas arriba (Da Rocha-Mota, 2014), llegando a remontar los ríos principales hasta 400 km del mar (Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991), e incluso hasta 700 km (Quignard y Douchement, 1991).

Históricamente, la distribución del sábalo cubrió el Atlántico oriental desde Noruega hasta Marruecos y el mar Mediterráneo occidental. Desde finales del siglo XIX a mediados del XX se observó una clara contracción del área de distribución natural que agudizó, en la península Ibérica, la tendencia natural que le hacía más abundante en las costas atlánticas que en las mediterráneas (Doadrio *et al.*, 2011; Da Rocha-Mota, 2014).

Hace más de cuarenta años, Sostoa y Sostoa (1979) ya afirmaban que *A. alosa* “antaño abundante en el curso inferior del río durante la época de reproducción, puede considerarse en la actualidad esporádica” en el Delta. En los últimos años distintos autores sostienen que el sábalo en el río Ebro se encuentra en un estado muy crítico o en peligro de extinción (CERM, LINKit consult y WWC, 2009; Ordeix *et al.*, 2014). Por su parte, Aparicio *et al.* (2016) apuntan que las últimas capturas de *A. alosa* en el río Ebro se produjeron en la década de los años 60 (s. XX), Doadrio *et al.* (2002) no lo encuentra en el Ebro y Nachón *et al.* (2019b), lo consideran extinto en este río.



Figura 5: Distribución histórica y actual del sábalo (*Alosa alosa*) en el río Ebro.

En el Diccionario Madoz (1845) no se han hallado registros de su pesca en el río Ebro, pero sí en otros grandes ríos atlánticos como el Miño o el Guadiana, en los que era rentable su aprovechamiento. Es lógico pensar -salvo confusión como se ha visto con la saboga- que su número no fuera muy alto a mediados del siglo XIX en el Ebro. La única referencia que encontrada proviene de los pescadores de almadraba de Tivenys (Boquera y Quiroga, 2001), quienes, a mediados del siglo XX, lo llamaban “aixavo” o “l’aixavol” y lo consideraban el macho de la saboga por ser más grande y subir río arriba antes que la supuesta “saboga hembra”.

Como el sábalo suele desovar cientos de kilómetros río arriba que la saboga, es de suponer que en épocas históricas el estado óptimo de un cauce del Ebro sin barreras le permitiera llegar hasta las riberas aragonesas, navarras, e incluso riojanas. En este sentido, Pardo (1945) define el vocablo “Gatta” como el “nombre navarro del sábalo y de la saboga”, Lozano-Cabo (1964) menciona que llegaba hasta Zaragoza, donde Asso (1801) lo denomina con el localismo “sabosga”, y Anónimo (1952) incluye un pequeño mapa de España que, de “una manera croquizada”, indica que la “distribución geográfica” del sábalo -se supone que histórica- ascendía hasta aproximadamente Zaragoza.

Como en el caso de la saboga, es probable que el recrecimiento del azud de Xerta-Tivenys en 1857 acabara con gran parte de los lugares de fresa del sábalo en el río Ebro, y redujera el tramo apropiado para reproducirse en, al menos, 300 km, es decir, en un 86% más o menos. Acortamiento que ha quedado plasmado en varios mapas de distribución publicados, como en

Doadrio *et al.* (1991). Y merma que en la actualidad se debería establecer en el 100% si se considera que ya no se reproduce en aguas del Ebro (Doadrio *et al.*, 2002; Doadrio *et al.*, 2011;) o que para otros está extinto (Migratoebre, 2014; López *et al.*, 2012; Aparicio *et al.*, 2016; Nachón *et al.*, 2019b) (Fig. 5).

Factores de amenaza citados en los 10 documentos sobre *A. alosa* con apartado de conservación:

Contaminación de las aguas (10), construcción de presas y embalses (10), pesca abusiva (7), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (4), extracción de áridos (2), dragados y canalizaciones (1), cambio climático (1) (Doadrio *et al.*, 1991; Gómez-Caruaña y Díaz-Luna, 1991; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infesta, 2002; Freyhof y Kottelat, 2008b; Doadrio *et al.*, 2011; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017; Nachón *et al.*, 2019a).

3.5. Anguila europea. *Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758

Esta anguila es un pez migratorio catádro que se reproduce en el mar de los Sargazos y penetra por todas las cuencas europeas y norteafricanas que desembocan en el Atlántico y los mares del Norte, Báltico y Mediterráneo. En España está presente en todas las cuencas hidrográficas peninsulares pero ha perdido el 85% del territorio, y a nivel europeo su abundancia se ha derrumbado más de un 95% por lo que hoy está considerada en peligro crítico de extinción (Doadrio *et al.*, 2002; Clavero, 2022).

Históricamente era “muy frecuente en todos los ríos de España y Portugal” (Steindachner, 1866; Pardo, 1945) y era “muy común en los ríos caudalosos de Aragón” (Asso, 1801). Vivía “incluso en los lugares más adentrados del interior” (Lozano-Cabo, 1964). En el Ebro la citan varios autores (Asso, 1801; Lozano-Rey, 1919; Pérez-Arcas, 1921).

Según los textos del Diccionario Madoz (1845), la anguila se pescaba con asiduidad a lo largo de los 930 Km del río Ebro en, al menos, 66 localidades, a las que hay que sumar 17 en las que no se menciona expresamente, pero que es lógico incluir porque están intercaladas con las primeras. En total, 83 de los 96 núcleos de población ribereños que han arrojado información sobre la pesca en este río. Datos históricos que muestran que a mediados del siglo XIX la anguila estaba presente de manera abundante a lo largo todo el curso fluvial, desde Campoo-Reinosa (Cantabria) hasta Amposta (Cataluña). Situación que se mantuvo hasta mediados del siglo XX al menos (Anónimo, 1952).

Con la construcción de las grandes presas hidroeléctricas como Mequinenza (1965) y Ribarroja (1969) su tránsito migratorio quedó impedido aguas arriba y la anguila natural desapareció de gran parte del río Ebro.

En la actualidad, atendiendo a los muestreos realizados por la CHE en la Red de Control de Sustancias Peligrosas entre 2010 y 2016 (CHE, 2016) y la Agencia Catalana del Agua (SIBIC, 2017) se obtiene que en los últimos quince años la presencia de *A. anguilla* en el río Ebro se ha comproba-

do en los siguientes puntos y años: Flix (2007), Ascó (de 2008 a 2016 sin interrupción), Mora de Ebro (2007, 2011), Benissanet (de 2012 a 2016 sin interrupción), Benifallet (2007), Xerta-Tivenys (2007) y Campredó (de 2012 a 2016 sin interrupción). Lo que significa que la anguila todavía es habitual a lo largo de los aproximadamente 123 km comprendidos entre Flix-Ascó y el delta del Ebro. Distribución que coincide con los mapas elaborados por Doadrio *et al.* (2011) y Aparicio *et al.* (2016). Los escasos individuos que fuera de ese tramo se pescan en el río Ebro en la actualidad proceden de las sueltas realizadas por algunas Administraciones autonómicas para la pesca recreativa (Zaldívar, 2006; Doadrio *et al.*, 2011).

Todo ello lleva a inferir que en poco más de 55 años el territorio ocupado por la anguila europea en el cauce del río Ebro de forma natural se ha mermado el 92,04% de su longitud histórica (Fig. 6). Con el agravante de que desde los años 80 (s. XX) la especie ha sufrido una enorme regresión poblacional y de reclutamiento de alevines (Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

Factores de amenaza citados en los 11 documentos sobre *A. anguilla* con apartado de conservación:

Construcción de presas (11), pesca abusiva (11), contaminación de las aguas (9), parásitos y enfermedades alóctonas (5), dragados y canalizaciones (2), cambio climático (1) (Doadrio *et al.*, 1991; Boquera y Quiroga, 2001; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; Zapater y Blanco, 2009; Gómez-Juaristi y Salvador, 2011; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016, SIBIC, 2017).



Figura 6: Distribución histórica y actual de la anguila europea (*Anguilla anguilla*) en el río Ebro.

3.6. Pejerrey mediterráneo. *Atherina boyeri* Risso, 1810

Este aterínido (fam. Atherinidae) vive en la desembocadura de los ríos y la costa de los mares Mediterráneo, Negro y Caspio, de algunas áreas costeras aisladas del Atlántico europeo y en pequeñas poblaciones de agua dulce. En España habita en casi todos los tramos finales de los ríos del este y sur, así como en ciertos tramos fluviales de la cuenca del Guadalquivir y antiguamente del Tajo (Doadrio *et al.*, 2011).

No se han encontrado referencias históricas de su pesca en el tramo bajo del río Ebro. La distancia que cada pez de estuario es capaz de recorrer aguas arriba por la vía fluvial no es fácil de fijar (Pardo, 1945). No obstante, este autor asemeja la capacidad de ascender río arriba del pejerrey a la de las lisas o lizas (Fam. Mugilidae). Basándose en Pardo (1945), en su elevada adaptabilidad a características ambientales variables (López *et al.*, 2012) y en su demostrada capacidad para colonizar de forma permanente aguas dulces interiores (Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Doadrio *et al.*, 2011), la distribución geográfica del pejerrey probablemente llegara históricamente hasta Mequinenza, dado que Madoz (1845) constata que en ese municipio se pescaban “lizas”. Probabilidad que llevaría a asignar un área de distribución máxima original en el río Ebro de *A. boyeri* de unos 146 km.

El recrecimiento del azud de Xerta-Tivenys llevado a cabo entre 1855 y 1857 habría impedido a partir de entonces la subida de estos peces aguas arriba. Y la longitud del tramo del río Ebro ocupado por el pejerrey se habría reducido hasta los 51 km desde mediados del siglo XIX y la mayor parte del XX. Longitud acorde con la mayoría de los mapas biogeográficos publicados (Anónimo, 1952; Doadrio *et al.*, 1991; Doadrio *et al.*, 2011; Quesada-Lara y Agulló-Villaronga, 2022), pero no con los que circunscriben a *A. boyeri* al ámbito del delta del Ebro (Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017).

De todo ello, se puede deducir que el área de distribución histórica de *A. boyeri* en el río Ebro habría mermado en un 65,07% de su longitud, considerando Mequinenza su límite superior histórico más probable y Xerta-Tivenys el superior de su actual área de distribución (Fig. 7).

En la actualidad es una especie apreciada en el delta del Ebro por su valor comercial en aumento (López *et al.*, 2012) y se consume como pescadito frito o como morralla de calidad. Sin embargo, sus poblaciones están en declive (Doadrio *et al.*, 2011) y su abundancia en el cauce del Ebro parece haberse reducido mucho (Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016). Al respecto es interesante reseñar que en el mapa de distribución aportado por López *et al.* (2012), se puede estimar que la reducción de la superficie ocupada por *A. boyeri* en el delta del Ebro, comparada con la que podría ocupar potencialmente en este espacio, es superior al 57%, pues aparece en 110 de las 254 cuadrículas UTM muestreadas en el Atlas.

Factores de amenaza citados en los 6 documentos sobre *A. boyeri* con apartado de conservación:

Pesca abusiva (6), introducción de especies alóctonas (5), contaminación de las aguas (5), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de

agua (5), construcción de presas y embalses (3), dragados y canalizaciones (1) (Doadrio *et al.*, 2002; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017).

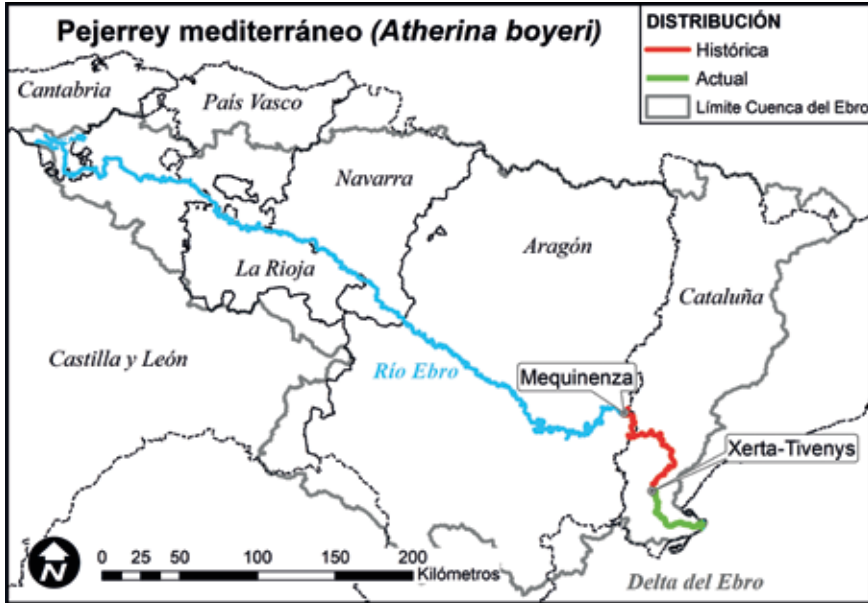


Figura 7: Distribución histórica y actual del pejerrey mediterráneo (*Atherina boyeri*) en el río Ebro.

3.7. Trucha común. *Salmo trutta* Linnaeus, 1758

La trucha común habita en las aguas rápidas y frías de casi toda Europa. En la península Ibérica vive en las cuencas altas de los ríos, excepto en diversos del Levante, del sur de España y la cuenca del Guadiana (Doadrio *et al.*, 1991); aunque varios autores advierten desde hace décadas de que su distribución geográfica ha sido modificada por las “re poblaciones” llevadas a cabo por toda la Península (Pardo, 1945; Lozano-Cabo, 1964; Álvarez, 1980; Alonso *et al.*, 2017).

Entre la bibliografía científica, las primeras referencias históricas concretas sobre la presencia de la trucha común en el río Ebro se han obtenido en Steindachner (1866), que menciona haber cogido “muchas en el Ebro en Miranda de Ebro”, y de Pérez-Arcas (1921), que la cita en el Ebro a su paso por Aragón.

Otra fuente para estimar el área de distribución original de *S. trutta* en el cauce estudiado es el Diccionario Madoz (1845). En él han quedado registrados expresamente 42 pueblos ribereños en los que habitualmente se pescaban truchas en el río Ebro y, al menos, otros 12 en los que se sobreentiende que también se practicaba esta labor.

Utilizando a modo de indicador de abundancia la proximidad física entre esos pueblos, se puede afirmar en primer lugar que, a mediados del siglo XIX, la trucha era abundante en el tramo comprendido entre Campoo-Reinosa (Cantabria) y San Vicente de La Sonsierra (La Rioja), que suma una longitud total de unos 259 km e incluye 31 localidades. En segundo lugar, que la trucha era bastante menos frecuente en el tramo considerado entre San Vicente de la Sonsierra y Tauste/Boquiñeni (Zaragoza), que abarca unos 235 km y 9 municipios; y, en tercer lugar, que su presencia era muy excepcional en el tramo de río situado entre Boquiñeni y el Monasterio de Rueda (Zaragoza), tramo que comprende dos localidades (Torre de Alfranca y Rueda) y en los que se pescaba “alguna trucha”, y que tiene una longitud aproximada de 182 km.

Como el Monasterio de Rueda es la localidad más baja en la que Madoz (1845) indica la “pesca en el r. de truchas, barbos y otros sabrosos peces”, se sitúa aquí, a unos 676 km de su nacimiento, el límite inferior del área original de distribución de esta especie, coincidiendo con lo escrito por Pérez-Arcas (1921).

Atendiendo a los requerimientos ecológicos de *S. trutta*, los ejemplares que antaño se pescaban desde, aproximadamente, San Vicente de la Sonsierra hasta el monasterio de Rueda serían de gran talla, como consecuencia de la segregación espacial con la que se comportan los adultos de esta especie en los ríos (Alonso *et al.*, 2017), y que no se reproducirían en el río Ebro, sino en los frezaderos de los afluentes trucheros más cercanos como son, entre otros, el Najerilla, el Iregua, el Ega, el Arga y el Aragón (García, 2013).

El declive de *S. trutta* en el río Ebro y otras cuencas fluviales sobrevino durante el último tercio del siglo XX. Gómez-Caruana y Díaz-Luna (1991) anuncian el hecho generalizado: “la trucha común está en franca regresión en todo el territorio peninsular”.

A su paso por Aragón, ningún autor posterior a Pérez-Arcas (1921) nombra su presencia en el cauce del Ebro. En Navarra, Álvarez (1980) la sitúa en el Ebro “con baja densidad, hasta Mendavia” y “aguas abajo desaparece, aunque se han pescado algún ejemplar en Castejón y Tudela”, pero en la actualidad ya no se cita en el tramo navarro del río Ebro (Anónimo, 2016). En La Rioja los autores la dan por desaparecida en el río Ebro a partir de los años 70 del siglo XX (Zaldívar, 1994; Zaldívar 2006; Zaldívar, 2010) o en las dos décadas posteriores (Elvira *et al.*, 1995; García, 2013). En Álava tampoco la encuentran en el río Ebro desde los años 80 (Álvarez *et al.*, 1985; Asensio *et al.*, 1996; Anónimo, 2015).

El tramo del río Ebro habitado actualmente por la trucha común se extiende desde su nacimiento en Cantabria (Anónimo, 2022; CHE, 2016; SIBIC, 2017) hasta el embalse de Cillaperlata, en la provincia de Burgos (Anónimo, 2020), situado a unos 170 km aguas abajo. Esto implica que la reducción del área de distribución de la trucha común en el río Ebro es de unos 506 km. Y ello supone una retracción del espacio geográfico ocupado por la trucha común en el río Ebro del orden del 74,85% (Fig. 8).

Factores de amenaza citados en los 14 documentos sobre *S. trutta* con apartado de conservación:

Introgresión genética (12), pesca abusiva (11), contaminación de las aguas (10), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (8), construcción de presas y embalses (7), introducción de especies alóctonas (7), dragados y canalizaciones (5), cambio climático (2), incendios forestales (1), extracción de áridos (1). (Doadrio *et al.*, 1991; Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; García, 1993; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infesta, 2002; Álvarez, 2005; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Doadrio *et al.*, 2011; Zapater y Blanco, 2010; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; Alonso *et al.*, 2017; SIBIC, 2017).

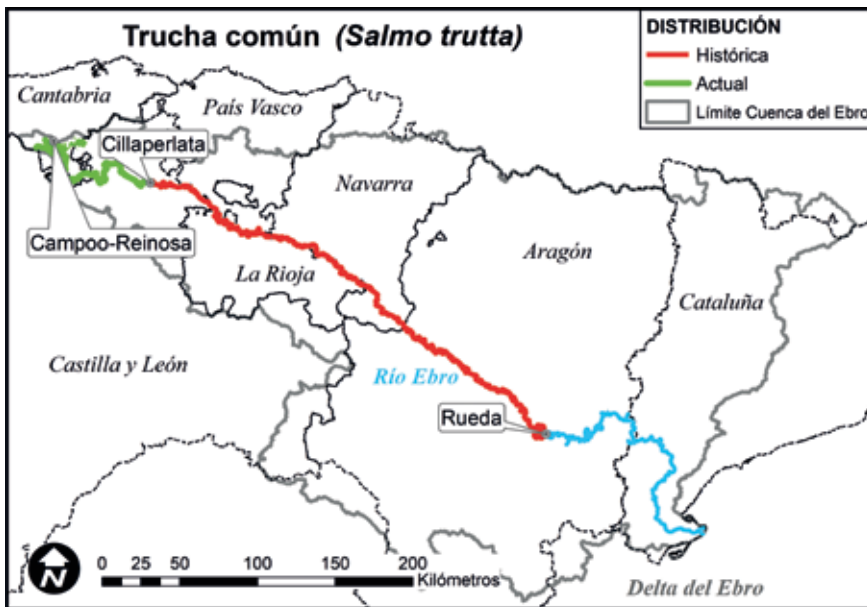


Figura 8: Distribución histórica y actual de la trucha común (*Salmo trutta*) en el río Ebro.

3.8. Bermejuela. *Achondrostoma arcasii* (Steindachner, 1866)

Este ciprinido (Fam. Cyprinidae) endémico de la mitad norte de la península Ibérica prefiere las aguas claras con corriente moderada y vegetación subacuática de los cursos medios y altos de los ríos menores, donde localmente tiende a ser abundante, aunque también puede encontrarse en aguas más amplias y calmas. En la actualidad vive en las cuencas del Miño, Ulla, Mandeo, Duero, Tajo, Ebro, Mijares, Palancia, Turia y Júcar (Doadrio *et al.*, 2011).

En el Diccionario Madoz (1845) no se han encontrado registros de que fuera pescada en el Ebro, pero sí aparece en otros ríos menores y otras cuencas. Es muy probable que las bermejuelas no figuren entre las captu-

ras principales del Ebro al no ser objeto de pesca específica y se venderían mezcladas con otros típicos “peces de río” -como en otros ríos- en los mercados por los pescadores profesionales de antaño (Lozano-Rey, 1935; Lozano-Cabo, 1964).

La primera alusión histórica sobre la bermejuela en el río Ebro la escribe Steindachner (1866), que define este ciprínido como “*Leucos arcasii* nov. spec.”, y se refiere a “algunos ejemplares” recogidos en Tudela (tramo final del río Queiles) por el profesor Pérez Arcas y “muchos ejemplares en el Ebro” en Zaragoza. Posteriormente, Lozano-Rey (1919) y Lozano-Rey (1935) hace mención a “2 ejemplares” de “*Leuciscus arcasii* Steind” capturados en el Ebro a su paso por Logroño. Lozano-Cabo (1964) la cita en “Zaragoza (río Ebro)” como “*Rutilus arcasi*”.

Los mapas que ofrecen en sus monografías diferentes autores muestran *grosso modo* una distribución primigenia de la especie que, desde Cantabria, abarcaría toda la cuenca del Ebro hasta Zaragoza (Anónimo, 1952), hasta aguas arriba del delta del Ebro (Doadrio *et al.*, 2002) o hasta su desembocadura en el mar (García de Jalón *et al.*, 1989; Doadrio *et al.*, 1991; Elvira, 1995a; Tola y Infiesta, 2002).

Teniendo en cuenta que a la bermejuela “en el Ebro es más previsible encontrarla en aguas poco profundas de madres, meandros o desembocaduras de arroyos o ríos subsidiarios” (Anónimo, 2016) o cerca de las desembocaduras de sus afluentes (Álvarez, 1980; García, 1993; Zaldívar, 2006), el área de distribución en el río Ebro propuesta por Doadrio *et al.* (2011) es la más aproximada a la original, pues señala -con apreciables discontinuidades- un gran tramo del río Ebro que va desde su nacimiento (Cantabria) hasta la desembocadura del río Matarraña, junto al límite provincial entre Zaragoza y Tarragona. Gran tramo del Ebro que mide unos 802 km.

Los contados hallazgos de ejemplares que gozan de cita escrita capturados en la corriente principal del valle del Ebro, constatan que ya en el siglo XX era una especie escasa en este gran río. Álvarez (1980), la cita en Castejón (Navarra); Doadrio (1989), en Requejo (Cantabria); García (1993), en el río Ebro (La Rioja); Martín (2006), en el río Ebro (Burgos); Elvira *et al.* (2003), en Agoncillo (La Rioja); Zaldívar (2006), en Logroño, Agoncillo, Calahorra y Alfaro (La Rioja); Elvira *et al.* (2012), en Alcanadre (La Rioja); Anónimo (2016), en Tudela, Fustiñana y Buñuel (Navarra).

En la actualidad, *Achondrostoma arcasii* se considera ausente en las aguas del río Ebro a su paso por Cantabria (IH Cantabria, 2016), Álava (Álvarez, 2005), Aragón (Zapater y Blanco, 2009) y Cataluña (Aparicio *et al.*, 2016). De esa manera los tramos del río Ebro con presencia constatada de bermejuela serían dos. El comprendido entre las localidades de Escalada y Sta. María de Garoña en Burgos, con una longitud aproximada de 99 km, y el incluido entre Logroño (La Rioja) y Buñuel (Navarra), de unos 151 km. En total, 250 km habitados por la bermejuela que, comparados con los 802 km iniciales, suponen una pérdida de hábitat de la bermejuela en el río Ebro del orden del 68,83% con respecto a su distribución histórica, ya de por sí fragmentada (Fig. 9).

Factores de amenaza citados en los 13 documentos sobre *A. arcasii* con apartado de conservación:

Introducción de especies alóctonas (10), contaminación de las aguas (9), construcción de presas y embalses (8), fragmentación del hábitat (8), dragados y canalizaciones (6), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (4), extracción de áridos (4), cambio climático (2). (Zaldívar, 1994; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; Velasco *et al.*, 2005; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Alcántara *et al.*, 2007; Zapater y Blanco, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; Crivelli, 2017; SIBIC, 2017).

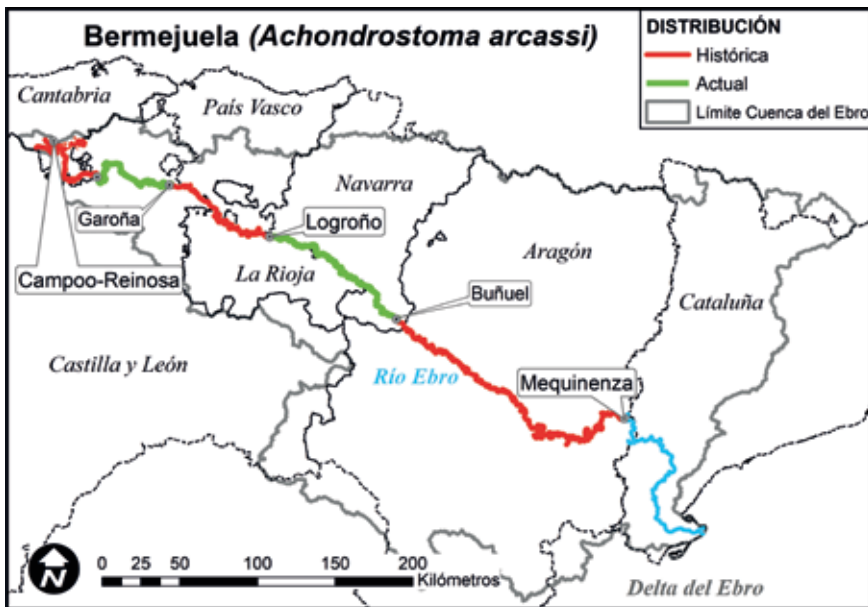


Figura 9: Distribución histórica y actual de la bermejuela (*Achondrostoma arcasii*) en el río Ebro.

3.9. Barbo colirrojo. *Barbus haasi* Mertens, 1925

B. haasi es un endemismo del cuadrante noreste de la península Ibérica. Su área de distribución comprende las cuencas del Ebro y de otros ríos de Cataluña y de la Comunidad Valenciana (Doadrio *et al.*, 2011; Verdiell, 2011). Prefiere los tramos altos y medios, aunque en ocasiones cohabita con el barbo del Ebro (*Luciobarbus graellsii*) y progresivamente es sustituido por él en los tramos más bajos (Doadrio, 1984; Zaldívar, 1994; Verdiell, 2011). Es una especie poco abundante, excepto en unos cuantos arroyos de cabecera (Verdiell, 2011).

El relato histórico de la distribución original en el río Ebro de este barbo es incompleto -a veces contradictorio- porque no se diferenció como

especie hasta 1925, y hubo que esperar a 1984 para que se definiera por primera vez su área de distribución aproximada (Doadrio, 1984), fechas en las que el río Ebro había sufrido ya grandes modificaciones en su cauce y la calidad de sus aguas.

Los requerimientos ecológicos del pez alejan su hábitat óptimo de la mayor parte del cauce principal del valle del Ebro, excepto en su tramo alto y los tramos finales de varios de sus afluentes más cortos, al menos en la Comunidad de La Rioja (Zaldívar, 2006). En este sentido, hay autores que, sin citar hallazgos concretos, sitúan o situaron al colirrojo en sus aguas a su paso por Cantabria (Sáiz-Villoria *et al.*, 2010: "...parece circunscrito al río Ebro y alguno de sus afluentes."), País Vasco (Asensio *et al.*, 1996: "...aunque no cuestionamos su presencia en el río Ebro."); Bea, 1999: "En nuestro territorio, únicamente se encuentra en los ríos Ebro y Purón.") y por La Rioja Alta (Elvira *et al.*, 1995). Verdiell (2011) admite su presencia -sin concretar más- a lo largo del río Ebro.

Para el cálculo del rango de distribución original se ha tomado como referencia el más amplio expuesto por Doadrio *et al.* (2011), que en el "Mapa de distribución de *B. baasi*" dibujan -alternando con grandes vacíos- cinco tramos en el río Ebro de "presencia anterior a 2001". De esta manera, el punto superior de su distribución original llegaría hasta el nacimiento del Ebro (Cantabria), y el inferior aproximadamente hasta Xerta (Tarragona), zona que incluye los últimos contrafuertes y torrenteras del sistema Ibérico oriental. En total, unos 880 km.

Su situación actual en el río Ebro también es controvertida. Varios autores no localizan al barbo colirrojo en el río Ebro a partir del último tercio del siglo XX en todo su recorrido (SIBIC, 2017) o a su paso por las comunidades de Cantabria (Monteoliva *et al.*, 2010), Castilla y León (Velasco *et al.*, 2005; Martín, 2006), País Vasco (Álvarez, 1985; Álvarez, 2005; Anónimo, 2014), La Rioja (García, 1993; Zaldívar, 1994; Elvira *et al.*, 2003; Zaldívar 2006; Zaldívar, 2010; Elvira *et al.*, 2012), Navarra (Álvarez, 1980; Anónimo, 2016), Aragón (Anónimo, 2007; Zapater y Blanco, 2010) y Cataluña (Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

Sin embargo, en los informes anuales realizados por la CHE en la Red de Control de Sustancias Peligrosas entre 2002 y 2016, es citado como integrante de la "composición relativa (%) de la comunidad de peces de la Red" en unos porcentajes comprendidos entre el 3% y el 15% según las estaciones de muestreo. Y es estimada su presencia -a pesar de no haber capturado la especie en los muestreos de campo- en los siguientes puntos y años: tramo Miranda de Ebro-Conchas de Haro-Briñas (2004, 2005, 2008, 2009, 2010 y 2011), tramo Logroño-Varea-Mendavia (2004, 2005, 2006, 2008 y 2010), y aguas abajo de la presa de Pina (2004 y 2005). Estimaciones que, de ser consideradas válidas, abarcarían un tramo del río Ebro de aproximadamente 362 km (incluyendo un "espacio vacío" de unos 261 km entre Mendavia y Pina).

Si se dieran por válidas estas estimaciones, *B. baasi* habría tenido a lo largo de su historia reciente una merma superior al 61% en su tramo origi-

nal de distribución en el río Ebro. Mientras que si se escogen los datos de los autores que lo dan por extinto en el cauce principal de sus respectivas regiones desde últimos del siglo XX, su disminución en el río Ebro sería del 100% (Fig. 10).

Razonamiento que se considera el acertado, ya que las condiciones naturales de los tramos finales de los afluentes del Ebro, que son los que aportan los escasos ejemplares de barbo colirrojo que pueden aparecer en este gran río, están sumamente deterioradas en la actualidad (CHE, 2016; CHE, 2018; Bayona, 2020) y no permiten la vida de esta especie en un número significativo de cauces tributarios principales (Zaldívar, 2006; Aparicio *et al.*, 2016).

Factores de amenaza citados en los 15 documentos sobre *B. haasi* con apartado de conservación:

Contaminación de las aguas (13), construcción de presas y embalses (12), fragmentación del hábitat (12), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (10), introducción de especies alóctonas (10), dragados y canalizaciones (6), extracción de áridos (2) (Zaldívar, 1994; Elvira, 1995; Bea, 1999; Doadrio *et al.*, 2002; Miranda *et al.*, 2005; Crivelli, 2006; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Zapater y Blanco, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; Perea *et al.*, 2011; Verdiella, 2011; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017).

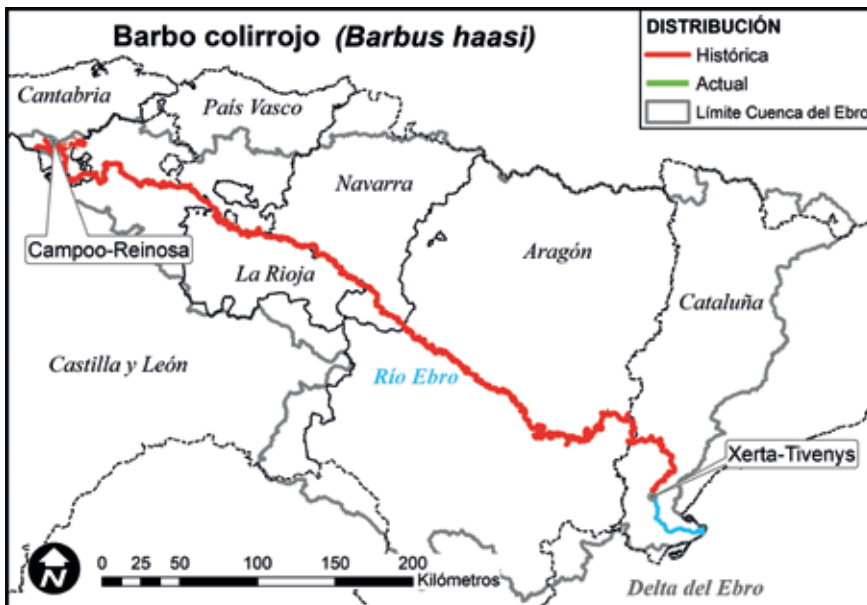


Figura 10: Distribución histórica y actual del barbo colirrojo (*Barbus haasi*) en el río Ebro.

3.10. Gobio ibérico. *Gobio lozanoi* Doadrio y Madeira, 2004

Este gobio es un endemismo de la península Ibérica y del suroeste francés (Doadrio y Madeira, 2004). Genéticamente es diferente de las pobla-

ciones de gobio de Europa Central (Madeira *et al.*, 2005; Freyhof y Kottelat, 2008d). Se desconoce su distribución original en la Península, pues continuamente va apareciendo en nuevas cuencas, e incluso se duda de si es un pez autóctono en el Bidasoa y en el Ebro, únicas cuencas peninsulares en las que se ha abierto la posibilidad de admitirlo como especie autóctona (De Buen, 1930; Doadrio, 1984; Doadrio *et al.*, 2002; Doadrio *et al.*, 2011).

En un principio se consideró que este ciprínido no estaba presente en la península Ibérica y no fue citado por Asso (1801), Graells (1864) -que lo señala “como otro de los peces que deben introducirse en nuestro país”-, Steindachner (1866) y Pérez-Arcas (1923) en su trabajo terminado en 1865.

Más tarde, Lozano-Rey (1919), adscribiendo el gobio presente en Iberia a la especie centroeuropea *Gobio gobio*, comienza la secuencia de ictiólogos que lo incluyen como especie “importada”, “aclimatada” o introducida en cada vez más cuencas y lugares de la mayor parte de la Península (De Buen, 1930; Lozano-Rey, 1935; Pardo, 1945; Lozano-Cabo, 1964; Muus y Dahlström, 1975; Demestre *et al.*, 1977; Díaz-Luna y Gómez-Caruana, 1986; Doadrio y Elvira, 1986; García de Jalón *et al.*, 1989; Doadrio *et al.*, 1991; Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Lobón-Cerviá *et al.*, 1991; Bruno y Maureri, 1995; Elvira, 1995b).

Dudas aparte, se puede constatar que la crónica histórica del gobio (*Gobio* sp.) en el río Ebro comienza con cinco ejemplares capturados en Logroño en 1949 (Anónimo, 1952). Pero no es descartable su introducción años antes puesto que en 1911 comenzó a funcionar la ya desaparecida piscifactoría de “La Fombera”, dependiente del Distrito Forestal y situada a orilla del Ebro, para la cría de trucha arco-iris en la citada capital riojana (Zaldívar, 2006), y dado que el gobio era utilizado en su alimentación por constituir “una excelente comida para truchas” (Lozano-Rey, 1935). Un caso similar al sucedido en el lago del Espejo en los alrededores de la piscifactoría del Monasterio de Piedra (Zaragoza), que Díaz-Luna y Gómez-Caruana (1986) no consideran casual.

En el último tercio del siglo XX la presencia del gobio en el río Ebro se habría generalizado en el tramo comprendido entre el delta del Ebro (Demestre *et al.*, 1977) y Logroño (Zaldívar, 1994), así como en los tramos navarro, riojano y aragonés (Álvarez, 1980; García, 1993; Doadrio, 1989). Posteriormente hubo constancia escrita de su presencia aguas arriba de Logroño a partir del año 1999 en el País Vasco y La Rioja (Bea, 1999; Elvira *et al.*, 2003; Zaldívar, 2006), Castilla y León (Velasco *et al.*, 2005; Martín, 2006) y Cantabria (Sáiz-Villoria *et al.*, 2010; Monteoliva *et al.*, 2010).

En el País Vasco pasa de no detectarse en el río Ebro en los años 80 (Álvarez *et al.*, 1985) a considerarse “presente a lo largo de todo el tramo del Ebro que recorre la Comunidad Autónoma del País Vasco” (Álvarez, 2005). Coincidiendo con estos datos, Zaldívar (1994) no lo encuentra en un principio a lo largo del tramo del río Ebro compartido con Álava y sí aguas abajo, así como años después lo halla a lo largo de todo el trecho riojano (Zaldívar, 2006). En todo el tramo navarro se conoce su presencia desde comienzos

de los años 80 (Álvarez, 1980; Elósegui *et al.*, 1980; Doadrio, 1984). En 1983 se pesca en Aragón, al menos a la altura del galacho de Juslibol (río Ebro), cercano a Zaragoza (Doadrio, 1984). Y su presencia también está constatada en Cantabria (Sáiz-Villoria *et al.*, 2010) y en Cataluña (Aparicio *et al.*, 2016).

A la luz de esta secuencia de hechos históricos, en los últimos 60 años, el gobio ibérico a lo largo de todo el río Ebro se ha comportado como una especie en expansión (¿introducida?), basada en su alto potencial colonizador, demostrado en esta y otras cuencas españolas (Doadrio *et al.*, 2011), así como ese crecimiento se podría enmarcar dentro del actual desplazamiento general de la zona ciprinícola hacia las cabeceras (Álvarez, 2005). Actualmente el gobio se extiende desde el embalse del Ebro, en Cantabria, hasta el delta del Ebro (Monteoliva *et al.*, 2010; López *et al.*, 2012).

3.11. Barbo de Graells. *Luciobarbus graellsii* (Steindachner, 1866)

Es un pez endémico del noreste de la península Ibérica que ocupa los tramos medios y bajos de los ríos con corriente lenta, aunque su distribución abarca básicamente la cuenca del Ebro (Doadrio *et al.*, 2002).

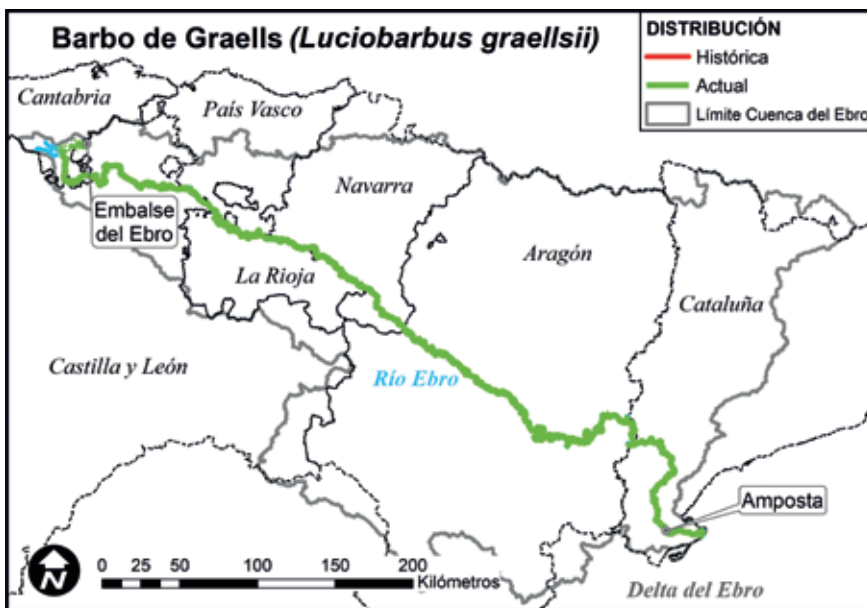


Figura 11: Distribución histórica y actual del barbo de Graells (*Luciobarbus graellsii*) en el río Ebro.

En el Diccionario Madoz (1845), de las 92 con referencias piscícolas, hay 61 localidades de la ribera del Ebro en las que se pescaban barbos con fines de alimentación de subsistencia o comercial. Según estos datos, el barbo de Graells a mediados del siglo XIX era abundante en el Ebro a lo

largo de prácticamente toda su longitud, desde Valdearroyo (Cantabria) hasta Amposta (Tarragona). Área de distribución que coincide con la mostrada en otros trabajos posteriores (Anónimo, 1952; Doadrio, 1984; Doadrio *et al.*, 1991; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infesta, 2002).

Actualmente, la longitud del área de distribución de este barbo en el río Ebro no parece haberse modificado (Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; CHE, 2016; SIBIC, 2017) (Fig. 11). En diversos tramos sigue siendo la especie dominante, pero, en general, su población está en regresión en toda la cuenca (Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Aparicio *et al.*, 2016).

Factores de amenaza citados en los 9 documentos sobre *L. graellsii* con apartado de conservación:

Construcción de presas y embalses (8), introducción de especies alóctonas (8), contaminación de las aguas (5), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (4), dragados y canalizaciones (4), extracción de áridos (3) (Doadrio *et al.*, 2002; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Zapater y Blanco, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017).

3.12. Madrilla o loína. *Parachondrostoma miegii* (Steindachner, 1866)

La madrilla es un endemismo español que vive en los tramos medios y bajos de los ríos del Cantábrico oriental, la cuenca del Ebro y otros del extremo nororiental (Doadrio *et al.*, 2011).

“Abunda en el Ebro. En Zaragoza se llama *Madrilla*”. Así se refería Asso (1801) a su presencia en el río Ebro a comienzos del siglo XIX. Madoz (1845) cita 17 núcleos de población donde se pescaba con frecuencia para uso particular o comercial por los pescadores profesionales “madrilleros”, desde Escalada (Burgos) hasta Escatrón (Zaragoza). Steindachner (1866), señala que está “por todos los lados con mucha frecuencia”.

Hasta mediados del siglo XX, como han constatado numerosos autores, *P. miegii* se extendía todavía por todo el río Ebro, desde Campoo-Reinosa (Cantabria) hasta el delta del Ebro (Cataluña) (Anónimo, 1952; Demestre *et al.*, 1977; Doadrio, 1984; García de Jalón *et al.*, 1989; Doadrio *et al.*, 1991; Tola y Infesta, 2002; Doadrio *et al.*, 2011).

Sin embargo, desde finales del siglo XX se comienza a observar un declive, cada vez más acusado, en sus efectivos poblacionales en el río Ebro (Zaldívar, 1994; Marcuello, 1995; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

En la actualidad, para Aparicio *et al.* (2016), “prácticamente ha desaparecido del tramo más bajo del Ebro” y así reflejan su ausencia en el mapa que acompañan. Para López *et al.* (2012), la madrilla ha “desaparecido por completo en 1999” en el delta del Ebro, y solo refieren una “captura puntual

de dos ejemplares en 2008”, además de atribuir esa carencia sostenida a la aparición de *Alburnus alburnus*. Estas ausencias en el Bajo Ebro también han sido corroboradas en otros trabajos (Zapater y Blanco, 2010; Migra-toebre, 2014; CHE, 2016; SIBIC, 2017; Ferrer y Font, 2018), que sitúan el punto más bajo de captura de *P. miegii* en el río Ebro a la altura Gelsa, cerca de Velilla de Ebro (Aragón), situada a unos 296 km aguas arriba del Delta. Considerando este punto como límite inferior del área de distribución actual de la madrilla en el río, la reducción de su espacio vital en el eje principal del valle del Ebro es del orden del 31,83% (Fig. 12).

Factores de amenaza citados en los 9 documentos sobre *P. miegii* con apartado de conservación:

Introducción de especies alóctonas (9), construcción de presas y embalses (9), fragmentación del hábitat (9), contaminación de las aguas (8), dragados y canalizaciones (7), extracción de áridos (7), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (4) (Doadrio *et al.*, 2002; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Zapater y Blanco, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017).

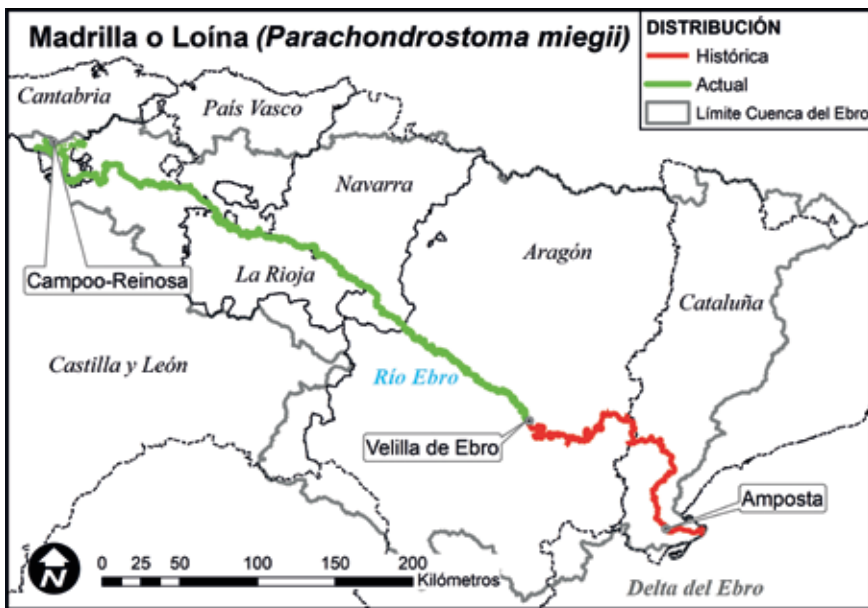


Figura 12: Distribución histórica y actual de la madrilla (*Parachondrostoma miegii*) en el río Ebro.

3.13. Piscardo o chipa. *Phoxinus bigerri* Kottelat, 2007

Considerado como *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) en la península Ibérica hasta la descripción de *Phoxinus bigerri* Kottelat 2007, es un endemismo ibérico y del suroeste francés. En España es abundante de manera

natural en las cuencas cantábricas de la mitad este y también en la del Ebro. Ha sido introducido en varias cuencas de Cataluña y la del Duero (Kottelat, 2007; Leunda *et al.*, 2010; Doadrio *et al.*, 2011).

El Diccionario Madoz (1845) menciona la pesca de “chipas” en unos cuantos ríos del Pirineo navarro pero no en el cauce principal del Ebro. Steindachner (1866) alude a dos ejemplares capturados en el Ebro a su paso por Logroño (La Rioja). De Buen (1930) se refiere a este autor como “El primero que encontró en España el *Phoxinus phoxinus* en los ríos Ebro (en Logroño) y Nervión (en Bilbao)”. Salvo Anónimo (1952), que no lo sitúa en el río Ebro, varias referencias bibliográficas del siglo XX admiten una distribución general de esta especie que abarcaba toda la cuenca del Ebro (García de Jalón *et al.*, 1989; Díaz-Luna y Gómez-Caruana, 1991; Tola y Infesta, 2002), en tanto que en otros estudios se exceptúa su presencia a partir de más o menos la presa de Xerta-Tivenys, situada a 51 km de la desembocadura del Ebro (Doadrio *et al.*, 2002; Doadrio *et al.*, 2011).

Teniendo en cuenta que en algunas localidades ha sido introducido vía escapes de piscifactoría o por los aficionados a la pesca (Lozano-Rey, 1935; García de Jalón *et al.*, 1989; Díaz-Luna y Gómez-Caruana, 1991; Tola y Infesta, 2002; Leunda *et al.*, 2010), y que es un ciprínido que “encuentra su óptimo en los cursos medios-altos de los ríos, en la zona de transición entre la dominancia salmonícola y la ciprinícola, con aguas limpias, frescas y fondos pedregosos” (Leunda *et al.*, 2010), se considera que la distribución original de *P. bigerri* era menos extensa que las citadas más arriba. De tal manera que la distribución inicial en el río Ebro terminaría *grosso modo* por encima del tramo Tauste-Boquiñeni (Aragón), situado a unos 494 km del nacimiento. Punto que marcaría para este estudio el límite inferior del área original, coincidiendo con los datos aportados por Lozano-Rey (1919) y por Doadrio (1989), que lo citan en Zaragoza.

Sobre el límite superior histórico de su distribución, no hay constancia escrita si se exceptúan los trabajos ya citados, que localizan la especie desde el tramo más alto del río Ebro.

En este siglo, el piscardo sigue estando presente en río Ebro, desde Campoo-Reinosa (Cantabria): “Río Hajar. La trucha común y el piscardo son habitantes frecuentes de estas aguas montanas” (Anónimo, 2022), hasta el tramo Milagro-Tudela (Navarra) (Elvira *et al.*, 2012; SIBIC, 2017; GBIF-ES, 2020), si bien, mientras que en último tercio del siglo XX en el País Vasco era “el pez más abundante y más ampliamente distribuido de la CAV” (Álvarez *et al.*, 1985), en el tramo riojano del río Ebro se apreciaba “una progresiva disminución de sus efectivos hacia el este” (Zaldívar, 1994; Elvira *et al.*, 2003; Zaldívar, 2006; Elvira *et al.*, 2012), en Navarra -desde San Adrián hasta Cortes- la chipa se dejaba ver, “pero con una densidad muy baja” (Elósegui *et al.*, 1980) y a la altura de Zaragoza ya no existía en 2007, pues no se cita entre los peces incluidos en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de los Sotos y Galachos del río Ebro: Tramo Zaragoza-Escatrón (Anónimo (2007a), ni en el estudio de Zapater y Blanco (2010).

Así, de un área de distribución original del piscardo en el siglo XIX de unos 494 km de longitud, se ha pasado a otra de unos 444 km; es decir, la distribución espacial del piscardo en el cauce principal del Ebro se ha reducido en este siglo alrededor del 10,12% (Fig. 13). Además, la tendencia poblacional en la cuenca del Ebro está en declive (Martín, 2006; Doadrio *et al.*, 2011).

Factores de amenaza citados en los 6 documentos sobre *P. bigerri* con apartado de conservación:

Introducción de especies alóctonas (6), contaminación de las aguas (6), dragados y canalizaciones (5), construcción de presas y embalses (4), (Doadrio *et al.*, 2002; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Leunda *et al.*, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; SIBIC, 2017).

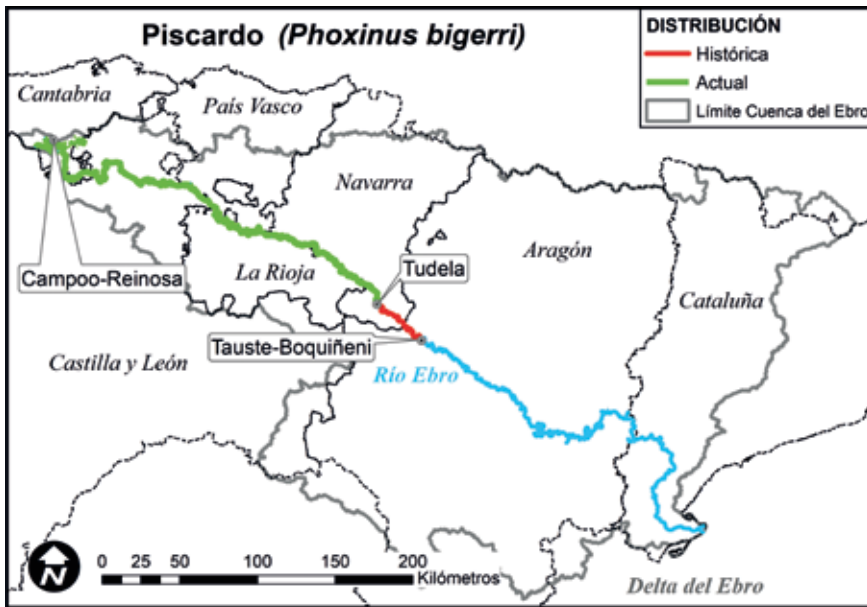


Figura 13: Distribución histórica y actual del piscardo (*Phoxinus bigerri*) en el río Ebro.

3.14. Cacho o zaparda. *Squalius pyrenaicus* (Günther, 1868)

Desde principios del siglo XXI se sabe que es un endemismo ibérico. Capaz de vivir en ambientes muy variados, en la actualidad habita algunas cuencas de la mitad sur, desde el Tajo hasta el Segura (Doadrio *et al.*, 2011), y algunos afluentes del Ebro (SIBIC, 2017; Sánchez-Pérez y Zamora-Marín, 2021).

Para dar coherencia al relato histórico, los cachos del Alto Ebro (“zapardas”, en su vocablo vasco) se han asignado a la especie *Squalius pyrenaicus*, dando por buena la hipótesis de que “la única especie del género *Squa-*

lius que habita en el tercio superior de la cuenca del Ebro, desde Burgos hasta Zaragoza, es *S. pyrenaicus* y no *S. cephalus* como se creía hasta ahora” (Asensio y Doadrio, 2004). También se ha optado por respetar el estatus de especie autóctona en la cuenca del Ebro que venía otorgándosele, aunque persisten las dudas sobre si ha sido introducido o no (Anónimo, 2007b).

Al margen de la existencia de zapardas referida por Madoz en varios afluentes alaveses del Ebro como el Bayas y el Zadorra (Asensio *et al.*, 1996), el primer dato histórico que se puede asignar a este pez en el cauce principal del Ebro proviene también del Diccionario Madoz (1845), en concreto de la pesca de “truchas, anguilas, barbos, cachos y bogas” en Barcina del Barco (Burgos).

El resto de referencias históricas es probable que incluyan a varias especies a la vez. Steindachner (1866) comenta que *S. cephalus* es “bastante frecuente en el Ebro, como en los ríos de Bilbao”. Lozano-Rey (1919) hace referencia a 4 ejemplares de *S. cephalus* (variedad *pyrenaicus*) recogidos en Zaragoza y depositados en la colección de Pérez Arcas. Lozano-Rey (1935) y Lozano-Cabo (1964) citan a *Leuciscus cephalus cabeda* en el Ebro (Logroño) y otros ríos de la mitad septentrional peninsular, al mismo tiempo que inciden en su abundancia con frases como estas: “por todas partes es extremadamente común” o “una de las especies de peces de río más difundidas y abundantes de nuestro país, y en unión de otras especies o subespecies similares, los más clásicos de nuestros peces de río”.

Sin embargo, esta presumible abundancia tornó en escasez o ausencia desde mediados del siglo XX. Álvarez *et al.* (1985) comentan en los años 80 que “hoy en día el Cacho no parece ser muy abundante en nuestros ríos” y en el tramo vasco del río Ebro sólo lo encuentran en Elciego y Baños de Ebro (1984, com. per.). Por su parte, Bea (1999) lo da por presente en el río Ebro a su paso por Álava, aunque su “número o densidad de ejemplares...//... sea muy bajo” y afirma que “hace 40 años se comercializaba en el mercado de Vitoria”. Se sabe de su existencia antes de los años 90 en el Ebro a su paso por San Vicente de la Sonsierra, donde lo llaman “bobete” (Victoriano Martínez Trejo, com. pers.). Zaldívar (1994) y Zaldívar (2006) lo citan en tres poblaciones riojanas (Pradejón, Calahorra y Alfaro) y una navarra (Fontellas), lugares en los que “se pesca de vez en cuando” y “siempre es escaso”, haciendo referencia a individuos pescados en el río Ebro entre 1988 y 1995. Elvira *et al.* (1995) lo citan en Fuenmayor. Álvarez (1980) ya no lo encuentra en el Ebro, aunque sí “en pequeño número” en el Arga y el Aragón. Bernat *et al.* (2000) no lo citan en el cauce principal de la cuenca del Ebro a su paso por tierras aragonesas. Y Zaldívar (2010) siembra la duda de su existencia en el tramo riojano del río Ebro al incluirlo entre las especies presentes “o que estaban hasta hace unos años”.

En la actualidad, no se han registrado citas de esta especie en el río Ebro desde hace décadas y su situación en los afluentes en los que aún queda es muy precaria (SIBIC, 2017). Iniciativas como la del Gobierno Vasco con el “Plan de Gestión del pez “Zaparda” (*Squalius pyrenaicus*)” (Anó-

nimo, 2007b), o la designación de varias Zonas de Especial Conservación y Lugares de Interés Comunitario en el tramo del Ebro comprendido entre Castilla y León, País Vasco, La Rioja y Navarra en lo que llevamos de este siglo, es posible que puedan devolverle sus antiguos territorios, pero lo cierto es que, estando presente en el Ebro a lo largo de al menos unos 452 km (Fontellas) o quizás unos 544 (Zaragoza) desde el siglo XIX, a día de hoy, el cacho o zaparda ha desaparecido totalmente del cauce principal del Ebro (Fig. 14).

Factores de amenaza citados en los 7 documentos sobre *S. pyrenaicus* con apartado de conservación:

Introducción de especies alóctonas (7), construcción de presas y embalses (7), fragmentación del hábitat (7), contaminación de las aguas (6), dragados y canalizaciones (5), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (3), extracción de áridos (3) (Bea, 1999; Doadrio *et al.*, 2002; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Anónimo, 2007b; Doadrio *et al.*, 2011; SIBIC, 2017).

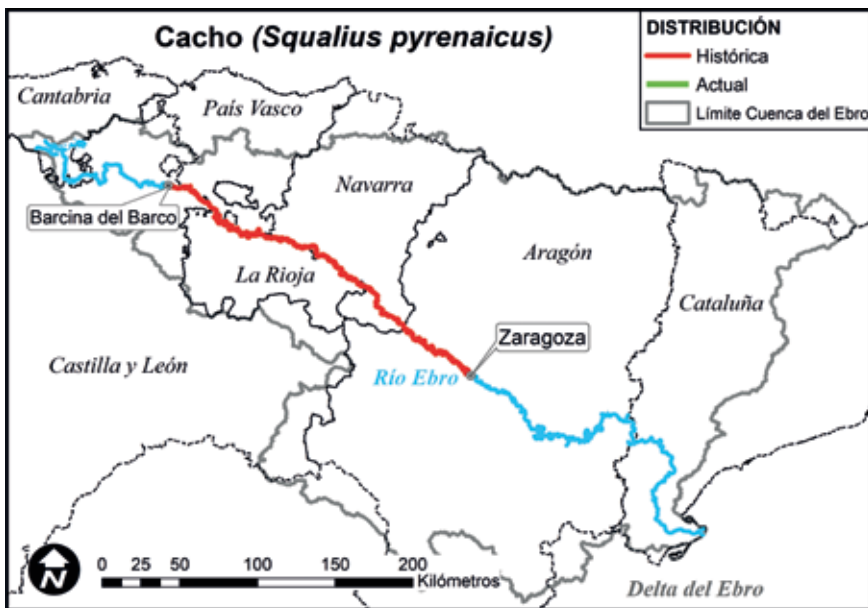


Figura 14: Distribución histórica y actual del cacho (*Squalius pyrenaicus*) en el río Ebro.

3.15. Bagre. *Squalius laietanus* Doadrio, Kottelar y Sostona, 2007

Como el cacho, durante años fue denominado *Leuciscus (Squalius) cephalus*. Desde 2007 se considera un endemismo del noreste español y del sureste de Francia, separado de la especie europea *S. cephalus* (Aparicio *et al.*, 2016).

En el valle del Ebro solo se encuentra en su cuenca baja, principalmente en las subcuencas del Segre y del Matarraña, allí donde las aguas son claras y alternan las pozas con las tablas (Doadrio *et al.*, 2011). Hay dudas de que en el Ebro sea natural o producto de reintroducciones temporalmente lejanas (Aparicio *et al.*, 2016).

En el cauce principal del Ebro no se han hallado citas antiguas. La de *Leuciscus cephalus cabeda* en Logroño (Lozano-Rey, 1935; Lozano-Cabo, 1964) y las de *Squalius cephalus* en el tramo riojano-navarro (Doadrio *et al.*, 2002) se han asignado a *Squalius pyrenaicus* por su mayor proximidad geográfica a las poblaciones relictas.

En la actualidad, el bagre, aunque no aparece en el río Ebro en diferentes trabajos (Doadrio *et al.*, 2011; SIBIC, 2017), pero sí en otros menos recientes (Elvira *et al.* 1995), hay autores que lo sitúan, con densidades “bajas o muy bajas y dependiente del reclutamiento de sus afluentes”, desde Ascó hasta casi su desembocadura en el mar (López *et al.*, 2012; Aparicio *et al.*, 2016).

Con estos datos, la longitud del tramo del río Ebro habitado por el bagre rondaría los 74 km, y habría retrocedido desde la construcción del rosario de embalses (Mequinenza, Ribarroja, Flix, Ascó) unos 72 km, si se considera un área original de unos 146 km desde la desembocadura del río Segre hasta el Delta. Es decir, la distribución espacial del bagre en el cauce del Ebro habría mermado desde mediados del siglo XX en aproximadamente un 49,32% su longitud original más probable (Fig. 15).

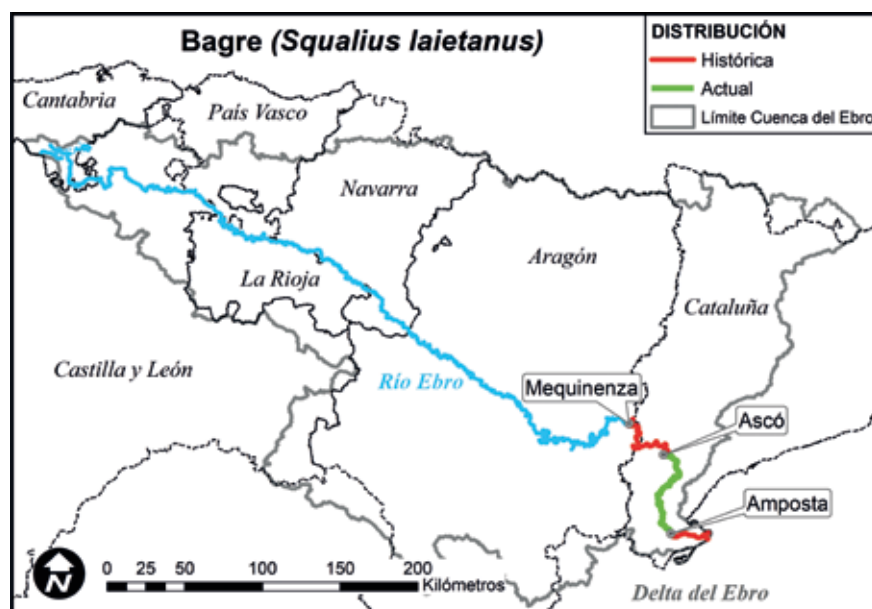


Figura 15: Distribución histórica y actual del bagre (*Squalius laietanus*) en el río Ebro.

Factores de amenaza citados en los 7 documentos sobre *S. laietanus* con apartado de conservación:

Construcción de presas y embalses (6), fragmentación del hábitat (6), contaminación de las aguas (6), introducción de especies alóctonas (5), dragados y canalizaciones (4), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (4), extracción de áridos (4), hibridación (2), incendios forestales (2) (Doadrio *et al.*, 2002; Zapater y Blanco, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017).

3.16. Tenca. *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)

La tenca es una especie euroasiática que desde tiempos históricos se ha criado en cautividad e introducido en muchos lugares por interés económico (Doadrio *et al.*, 2011; Aparicio *et al.*, 2016). En España está presente en casi todas las cuencas fluviales pero no se sabe con certeza si es autóctona o introducida (Doadrio *et al.*, 2002; Durán, 2009; Doadrio *et al.*, 2011; SIBIC, 2017). Actualmente, en los ríos no es frecuente y sus poblaciones son escasas (Doadrio *et al.*, 2011).

Durante el siglo XIX, según Graells (1864) la tenca era “común en toda la Península, principalmente en la región central y oriental”; Steindachner (1866) no la cita en el río Ebro, pero Pérez-Arcas (1921), haciendo referencia a Asso, la incluye en la comunidad piscícola de este río: “Patria: Ríos Ebro y Jalón (Asso)”.

Las referencias del Diccionario Madoz (1845) sobre la pesca de la tenca en el Ebro son escasas y poco claras. Aparece nombrada en el texto de la provincia de Logroño: “es abundante y sabrosa la pesca de los ríos, que consiste en anguilas, madrillas y tencas”; en Tudela (Navarra), donde en el río Ebro y/o el Queiles se pescaban “anguilas, barbos, madrillas y algunas truchas y tencas”; en Torre de Alfranca (Zaragoza), donde confluyen el Gállego y el Ebro y había pesca de “anguilas, tencas, carpas y alguna trucha”; y en el partido judicial de Gandesa (Tarragona) en el que, en “ciertas épocas del año”, era abundante la pesca en el Ebro de “barbos, tencas, bogas, anguilas, lampreas y sollos...”

A comienzos y mediados del siglo XX, Lozano-Rey (1931) y Lozano-Cabo (1964) comentan que la tenca es “común en España” aunque “menos frecuente en ríos”. Y en Anónimo (1952), sitúan a la tenca, entre otros ríos principales, a lo largo del Ebro, desde su desembocadura hasta aproximadamente La Rioja.

Durante el último tercio del siglo pasado, la tenca decae y pasa de ser “muy fácil de observar en las llamadas madres y meandros abandonados del Ebro, donde se la ve nadar ágil y rápida” (Elósegui *et al.*, 1980), a ser más escasa que en décadas pasadas en Álava, La Rioja, Navarra y Aragón (Zaldívar, 1994; Marcuello, 1995; Anónimo, 1999; Álvarez, 2005; Zaldívar, 2006; Anónimo, 2007), o incluso, desaparecer de la mayor parte de Cataluña (Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

En el siglo XXI, la tenca puede darse por desaparecida en el río Ebro basándose en los datos obtenidos en los muestreos realizados anualmente por la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) entre 2002 y 2016 en la Red de Control y Seguimiento de Sustancias Peligrosas, así como en las referencias existentes en la Carta Piscícola Española (SIBIC, 2017).

Se habría pasado de una situación en la que, de manera natural o mediante repoblaciones, la tenca ocuparía durante el siglo XIX algunos de los remansos, madres, meandros abandonados o galachos del Ebro, desde aproximadamente Miranda de Ebro (desembocadura del río Zadorra, todavía hoy con una pequeña población estable de tencas) hasta, más o menos, Ribarroja (Tarragona). Unos 575 km de río, de los que en la actualidad habría desaparecido de forma estable la especie como consecuencia de la contaminación de las aguas, la introducción de peces piscívoros exóticos y la progresiva destrucción y/o desecación de los sotos, madres y galachos del río Ebro.

3.17. Lamprehuela. *Cobitis calderoni* Bacescu, 1962

Desde que Bacescu, en 1961, definiera esta especie señalando su localidad típica en la cuenca del Duero (río Arlanzón, Burgos), hubo que esperar veinte años hasta que, en Doadrio (1981), se concretara *grosso modo* la distribución geográfica de este cobítido ibérico (Fam. Cobitidae) y se aportaran 29 nuevos puntos con su presencia. La publicación confina a la lamprehuela en las cuencas de los ríos Ebro y Duero, donde se encuentra “muy abundante”, y en varios afluentes del Tajo, aunque más tarde se supo que también ocupaba la cabecera del Sil (Doadrio *et al.*, 2011).

Esa primera nota de Doadrio (1981) cita a *C. calderoni* en varios afluentes del Ebro, así como en su propio cauce principal a su paso por San Adrián y Mendavia (Navarra), haciendo referencia a las capturas realizadas por J. Elósegui y J. Álvarez en 1979. También adscribe a *C. calderoni* los ejemplares mencionados en Lozano Rey (1935) como “*Acanthopsis taenia* L.” en Zaragoza, que se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, y que en Lozano Rey (1919) se adscribiera a “*Cobitis taenia*” bajo la referencia “Zaragoza, Cayuela, colección Pérez Arcas; 6”.

Por otra parte, los datos referenciados por Asso (1801) y Pérez Arcas (1921) sobre *C. taenia* y *A. taenia* respectivamente, no aportan nuevas localidades que definan su distribución en el Ebro, pero son los primeros autores que podrían haber constatado su presencia en este río, si se exceptúa una posible confusión con *C. paludica*.

A la luz de estos documentos, parece apropiado situar en la provincia de Zaragoza el límite inferior del área de ocupación natural de *C. calderoni* en el río Ebro desde, al menos, principios del siglo XIX. Así lo aconseja además, la caracterización ecológica y la ausencia de registros concretos -tanto históricos como recientes- de este cobítido en el tramo catalán del río Ebro (Doadrio *et al.*, 2002; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

El límite superior del área ocupada por *C. calderoni* en el río Ebro es más fácil de fijar. Monteoliva *et al.* (2010) lo encontraron entre la comunidad de peces del embalse del Ebro y también se halló en los muestreos realizados por el Gobierno de Cantabria en Salces, con fecha 09/08/2012 (SIBIC, 2017).

De esta manera, a efectos de este estudio, la longitud del tramo histórico ocupado por *C. calderoni* a lo largo del río Ebro -discontinuidades biotópicas a parte- sería la comprendida entre Salces, cerca de Fontibre (Cantabria), y el límite provincial entre Zaragoza y Tarragona, es decir, unos 790 km.

Además de los citados, los autores que sitúan a *C. calderoni* en la cuenca del Ebro son muchos, pero muy pocos los que lo han hecho en el cauce principal de la gran depresión.

Con respecto al tramo aragonés del río Ebro, los datos más recientes que se han encontrado figuran en los trabajos Anónimo (1999), Anónimo (2007a), Alcántara *et al.* (2007), Zapater y Blanco (2010) y SIBIC (2017). Pero en ellos se utilizan vagas suposiciones de la presencia de lamprehuela en el río Ebro. Anónimo (1999) no especifica si la afirmación de que “con menor frecuencia se encuentran cobítidos como la colmilleja (*Cobitis paludica*), la lamprehuela (*Cobitis calderoni*) ...” se refiere al río Ebro, al Gállego o al Huerva a su paso por Zaragoza. Anónimo (2007a) cree “probable la presencia”, “supone que también se encuentra” y que el Galacho de la Alfranca, “en la década pasada...//...contaba con la presencia de tenca, madrilla, gambusia y lamprehuela”. En tanto que en los mapas de distribución de los otros tres trabajos no muestran ningún punto de muestreo con presencia de *C. calderoni* en el cauce del río Ebro, aunque sí en unos cuantos afluentes a su izquierda y derecha.

En el tramo del río Ebro a su paso por Navarra y La Rioja ocurre algo parecido. Álvarez (1980) citó a *A. taenia* -hoy, *C. calderoni*- de manera genérica en el río Ebro “en los fondos poco profundos de las zonas medias de Ebro y Aragón”. Anónimo (2016) afirma que “fue citada en Tudela y Cabanillas en el año 1978 pero en el trabajo de Elvira *et al.* (2005) no fue localizada en ninguna localidad del río Ebro. Sin embargo, no debería descartarse su presencia...”. Doadrio (1981) incluye en su estudio los muestreos llevados a cabo en el río Ebro en 1979, citados más arriba. Javier Álvarez Orzanco (com. pers. de 10 de febrero de 1993) la encuentra en San Adrián (09/1978. 9 ejemplares) y Mendavia (09/1978. 10 ejemplares). García (1993) y Zaldívar (1994) no la encuentran en el tramo riojano, y Zaldívar (2006) afirma que, entre 1970 y 1993, la lamprehuela “aguas abajo de Agoncillo es menos abundante y ha desaparecido de muchas zonas”.

Las fuentes de información sobre los peces del río Ebro a su paso por Álava (País Vasco), La Rioja y Burgos (Castilla y León) arrojan los siguientes datos. Álvarez *et al.* (1985), Asensio *et al.* (1996), Bea (1999), Álvarez (2005), Velasco *et al.* (2005), Martín (2006) y Asensio (2007) sitúan a *C. calderoni* en el río Ebro y sus afluentes Omecillo y Bayas, sin especificar –no en todos los

casos- localidades, citándose unos a otros y haciendo referencia al primero. Javier Álvarez Orzanco (com. pers. de 10 de febrero de 1993) la encuentra en Laserna (25/10/1984. 9 ejemplares) y Lapuebla de Labarca (26/10/1984. 14 ejemplares). En La Rioja, Elvira *et al.* (1995), la citan en San Vicente de la Sonsierra, Fuenmayor y Logroño. En Anónimo (2007c) se concluye que, en Álava, salvo en el río Omecillo, “Tras la realización de exhaustivos estudios de distribución...//...El resto de las citas de presencia de la especie recopiladas durante los dos últimos decenios no han podido ser confirmadas en los últimos estudios (años 2000 y 2001), por lo cual se puede hablar de una reciente y drástica reducción de su distribución”. Reducción de la que solo se salva, por el momento, una cita en 2007 de la localidad de Lapuebla de Labarca (Anónimo, 2014).

Sobre la presencia de *C. calderoni* en el tramo del río Ebro que recorre Cantabria, además de los datos más arriba indicados, Sáiz-Villoria *et al.* (2010) tan solo apuntan que es “al parecer, aún frecuente en la cuenca del Ebro”. Es destacable también que en los muestreos piscícolas que realiza en el río Ebro anualmente desde 2002 en la Red de Control y Seguimiento de Sustancias Peligrosas (CHE) entre Requejo (Cantabria) y Campredó (Tarragona), no se ha estimado la presencia de la lamprehuela.

Esta recopilación histórica indica que *C. calderoni* en los últimos tiempos ha sufrido una severa contracción de su distribución y una importante fragmentación de su población a lo largo del río Ebro, como así lo han puesto de manifiesto en su cuenca otros autores con diferentes metodologías (Doadrio, 2002; Perdices, 2013).

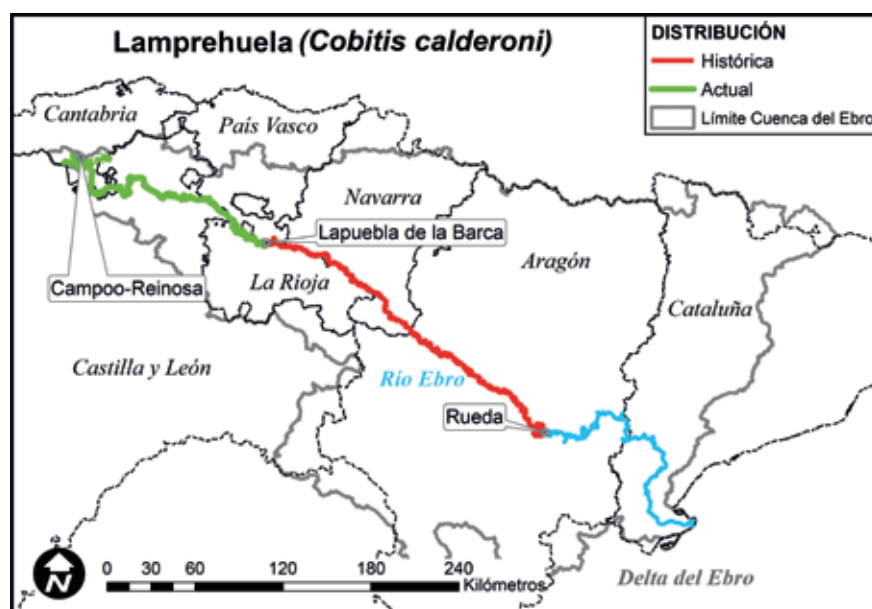


Figura 16: Distribución histórica y actual de la lamprehuela (*Cobitis calderoni*) en el río Ebro.

Considerando la divisoria provincial Zaragoza/Tarragona como punto inferior de su área de ocupación histórica y Lapuebla de Labarca (Álava) como límite inferior o punto más reciente de aparición de la especie, se estima que el retroceso en el río Ebro es de unos 494 km. De tal manera que *C. calderoni* en este río habría pasado de estar presente a lo largo de unos 790 km a ocupar 296 km, con una reducción de su espacio geográfico vital estimada en el 62% en las tres últimas décadas (Fig. 16).

Factores de amenaza citados en los 16 documentos sobre *C. calderoni* con apartado de conservación:

Introducción de especies alóctonas (14), extracción de áridos (13), contaminación de las aguas (12), construcción de presas y embalses (12), dragados y canalizaciones (12), fragmentación poblaciones (4), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (3), pesca recreativa (2) (Doadrio *et al.*, 1991; García, 1993; Zaldívar, 1994; Bea, 1999; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; Álvarez, 2005; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Alcántara *et al.*, 2007; Zapater y Blanco, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; Perdices, 2013; Ordeix *et al.* 2014; Aparicio *et al.*, 2016, SIBIC, 2017).

3.18. Colmilleja. *Cobitis paludica* (De Buen, 1929)

La literatura científica establece en estos momentos que los cobítidos endémicos de la península Ibérica son tres. Y se asume con carácter general que *C. paludica* se distribuye por numerosas cuencas y subcuencas de las regiones del sur y centro peninsular además de la cuenca del Ebro (García de Jalón *et al.*, 1989; Díaz-Luna y Gómez-Caruana, 1991; Doadrio, 2002; Tola y Infiesta, 2002; Doadrio *et al.*, 2011; Perea *et al.*, 2011; Sánchez-Carmona, 2017).

Después de los trabajos que dieron nombre a este taxón elaborados por F. de Buen y S. L. Berg en los años 30 del pasado siglo, primero Doadrio (1984) y más tarde Doadrio *et al.* (1988), revisan su taxonomía y corología. En estas revisiones engloban en una sola especie –si bien con el nombre *C. maroccana* y no con el actual– las citas peninsulares de tres taxones, incluyendo como localidades válidas para la misma: una en el “Delta del Ebro (Tarragona)” y otra en “Río Ebro. Cenicero (La Rioja) VII.1925, 1 ej.”, esta última también recopilada en Doadrio (1989). Ambas localidades, coincidiendo con Doadrio *et al.* (2002), marcan en este estudio el punto superior e inferior del espacio geográfico histórico de *C. paludica* en el cauce principal de la cuenca del Ebro, en total 647 km de río.

Tras esta primera conclusión, llama la atención la ausencia de datos concretos sobre la presencia de *C. paludica* entre ambos extremos. García (1993), Zaldívar (1994), Doadrio (2002), Zaldívar (2006) no la encuentran en el río Ebro a su paso por La Rioja, aunque sí en dos de sus afluentes (Najerilla y Alhama) y en 1996 la CHE en el río Leza (SIBIC, 2017). Álvarez (1980) y Anónimo (2016) no la citan en Navarra. A su paso por Aragón, Anónimo (1999) hace referencia sin especificar más a que en “el Ebro, Gállego y

Huerva” en Zaragoza “se encuentran con menor frecuencia cobítidos como la colmilleja (*C. paludica*), la lamprehuela (*C. calderoni*)...”, Alcántara *et al.* (2007) la sitúan en algunos afluentes (Jalón, Mijares y Matarraña), Anónimo (2007a) no la nombra en el tramo Zaragoza-Escatrón y Zapater y Blanco (2010) en un mapa de distribución incluyen a la colmilleja a la altura del río Ebro en Zaragoza sin más explicaciones, pero que por la metodología y la bibliografía utilizada en la elaboración de la publicación parece corresponderse con una referencia anterior a 1983.

Sin embargo, en Cataluña, Ordeix *et al.* (2014), la citan en el río Cenja y el Bajo Ebro, indicando que en Cataluña está “posiblemente al borde de su desaparición”; así como López *et al.* (2012) y Aparicio *et al.* (2016) coinciden en señalar que “en Cataluña la única población existente es la del Delta”, a la vez que la localizan exclusivamente en unas surgencias de aguas subterráneas (*Ullals de Baltasar*) y no en el cauce principal del río Ebro, para luego comentar que “antiguamente es probable que habitara también en el tramo bajo del Ebro” aguas abajo de la presa de Xerta-Tivenys.

Es importante también reseñar que en los muestreos piscícolas que realiza anualmente a lo largo del río Ebro la CHE para cumplimentar los datos de la Red de Control y Seguimiento de Sustancias Peligrosas, no se ha detectado la presencia de *C. paludica*, ni figura en su lista de especies.

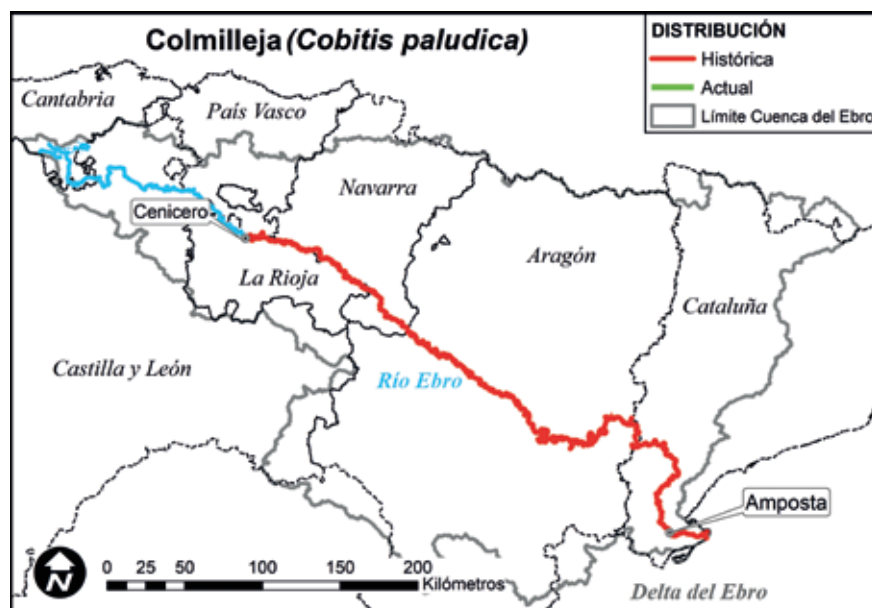


Figura 17: Distribución histórica y actual de la colmilleja (*Cobitis paludica*) en el río Ebro.

A la vista de estos resultados es comprensible colegir que el tramo de río ocupado por *C. paludica* en el río Ebro se ha reducido en un 100% en los últimos cincuenta años con respecto a su distribución histórica (Fig. 17).

Conclusión que se une a las afirmaciones de otros autores que hablan de que la especie ha desaparecido en muchas localidades con anterioridad a 2001 (Doadrio, 2002), de que ha experimentado un pronunciado declive y se ha extinguido en varias cuencas (Sánchez-Carmona *et al.*, 2008), o de que las poblaciones de colmilleja han sufrido un grave agotamiento y han desaparecido en varios ríos (Perea *et al.*, 2011), como por ejemplo el río Ebro (Doadrio *et al.*, 2011).

Factores de amenaza citados en los 11 documentos sobre *C. paludica* con apartado de conservación:

Introducción de especies alóctonas (11), dragados y canalizaciones (10), extracción de áridos (8), construcción de presas y embalses (8), pesca recreativa (8), contaminación de las aguas (6), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (4), fragmentación poblaciones (2) (Doadrio *et al.*, 2002; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Alcántara *et al.*, 2007; Zapater y Blanco, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; Sánchez-Carmona, 2017; SIBIC, 2017).

3.19. Lobo de río. *Barbatula quignardi* (Bacescu-Mester, 1967)

Nativo del noreste de España, sur de Francia y Andorra, se distribuye por varios ríos cantábricos del País Vasco, de la cuenca del Ebro y otras cuencas francesas desde la del Lez a la del Tech (Doadrio *et al.*, 2011).

Los mapas de distribución de *B. quignardi* incluyen por lo general todo el río Ebro, desde su nacimiento en Cantabria hasta su desembocadura, incluido el Delta (Doadrio, 1986; García de Jalón *et al.*, 1989; Doadrio *et al.*, 1991; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infesta, 2002; Freyhof y Kottelat, 2008c; Perea *et al.*, 2011).

Sin embargo, no se han encontrado referencias históricas concretas que lo sitúen en el cauce del río Ebro aguas abajo de la provincia de Zaragoza (Asso, 1801; Lozano-Rey, 1919; Lozano-Rey, 1935; Anónimo, 1952; Doadrio, 1989). Y tampoco los estudios que se circunscriben a Cataluña indican la presencia actual o histórica de *B. quignardi* en las aguas del río Ebro, aunque sí en varios de sus afluentes catalanes (López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

Por otro lado, Doadrio *et al.* (2011) aportan una distribución del lobo de río anterior a 2001 que lo sitúa en dos tramos cortos del río Ebro a su paso por la provincia de Zaragoza, uno a la altura, más o menos, de Gallur y otro a la de Mequinenza, cercano a la divisoria administrativa con Cataluña.

Por tanto, a efectos de esta aproximación histórica, se localiza en Mequinenza el punto inferior de la distribución original del lobo de río en el cauce principal del Ebro. Afirmación que dibujaría para *B. quignardi* en el río Ebro un tramo vital original de aproximadamente de 784 km de longitud desde su nacimiento en Cantabria, en vez de 930 hasta el Delta, como marcan con trazo más grueso algunas monografías arriba mencionadas.

Todo ello teniendo en cuenta que las publicaciones regionales consultadas (y algunas de ámbito peninsular) localizan históricamente a *B. quignardi* en localidades concretas del río Ebro a su paso por Aragón, Navarra, La Rioja, Álava, Burgos y Cantabria, como son Zaragoza, Tudela, Milagro, San Adrián, Calahorra, Pradejón, Mendavia, Alcanadre, Agoncillo, Logroño, Assa, Laserna, Lapuebla de Labarca, Fuenmayor, Cenicero, Elciego y San Vicente de la Sonsierra, (Lozano-Rey, 1935; Álvarez *et al.*, 1985; Doadrio, 1989; Álvarez, 1980; García, 1993; Zaldívar, 1994; Elvira *et al.*, 1995; Asensio *et al.*, 1996; Elvira *et al.*, 2003; Velasco *et al.*, 2005; Alcántara *et al.*, 2007; Sáiz-Villoria *et al.*, 2010).

Las localidades más recientes que se han encontrado en la bibliografía con presencia comprobada en el río Ebro de *B. quignardi* son: Requejo, cerca de Reinosa (Cantabria; años 2014, 2015 y 2016; Fuente: CHE, 2016). Miranda de Ebro (Burgos; años 2013 y 2014; Fuente: CHE, 2016). Ircio (Burgos; año 2016; Fuente: CHE, 2016). Gimileo, San Vicente de la Sonsierra, Torremontalbo, Cenicero, Fuenmayor, Logroño, Agoncillo, Alcanadre, Calahorra (La Rioja; año 2012; Fuente: Elvira *et al.*, 2012). Mendavia (Navarra; año 2015; Fuente: CHE, 2016). Azagra (Navarra; años 2014, 2015 y 2016; Fuente: CHE, 2016). Novillas (Zaragoza; año 2005; Fuente: SIBIC, 2017).

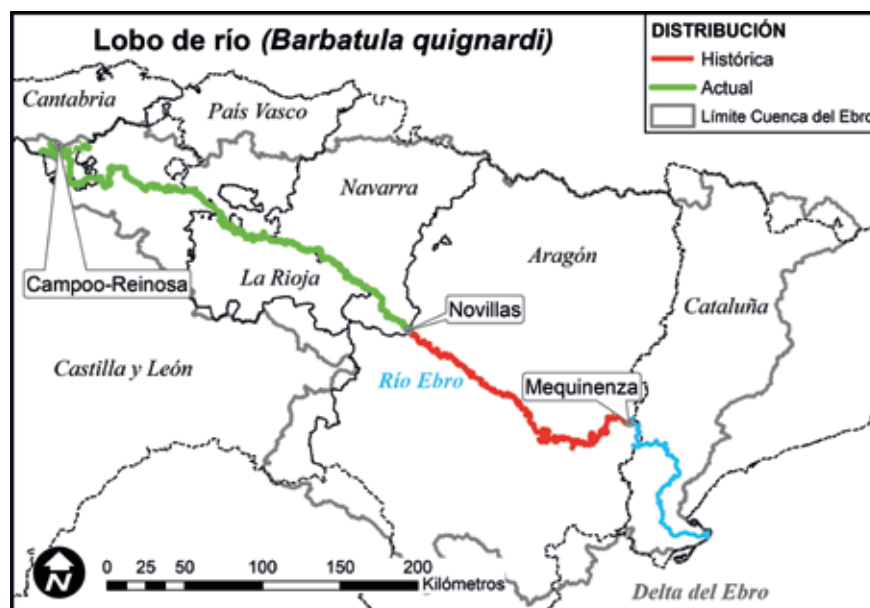


Figura 18: Distribución histórica y actual del lobo de río (*Barbatula quignardi*) en el río Ebro.

Datos que confirman la presencia en los últimos 15 años del lobo de río en el Ebro desde Cantabria hasta el comienzo de la provincia de Zaragoza, a pesar de que sus poblaciones están en regresión (Álvarez, 2005; Velasco *et al.*, 2005; Zaldívar, 2006; Martín, 2006; Doadrio *et al.*, 2011). Por tanto, el

tramo del río Ebro que se puede considerar ocupado actualmente por *B. quignardi* es de unos 476 km, distancia que separa Requejo de Novillas. Es decir, este endemismo hispano-francés en los últimos decenios ha sufrido una merma aproximada del 38% de la longitud de su rango de distribución en el río Ebro (Fig. 18).

Factores de amenaza citados en los 9 documentos sobre *B. quignardi* con apartado de conservación:

Introducción de especies alóctonas (8), contaminación de las aguas (5), construcción de presas y embalses (5), dragados y canalizaciones (5), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (2), extracción de áridos (1) (Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; Álvarez, 2005; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Zapater y Blanco, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; Aparicio *et al.*, 2016, SIBIC, 2017).

3.20. Espinoso. *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758

Está ampliamente distribuido por el hemisferio norte y, actualmente, en España presenta poblaciones en aguas dulces o ligeramente salobres del País Vasco, Galicia, Cataluña y Mallorca, así como se le considera prácticamente extinto en Extremadura, Valencia y Andalucía (Fernández *et al.*, 2017).

Según indican Aparicio *et al.* (2016) “antiguamente la distribución del espinoso en Cataluña era mucho más amplia, pero no del todo conocida ya que las referencias bibliográficas sobre esta especie son escasas.” Tanto es así, que ciertos autores no lo citan expresamente en el delta del Ebro (Pérez-Arcas, 1921; Lozano-Rey, 1935; Anónimo, 1952; Lozano-Cabo, 1964; García de Jalón *et al.*, 1989; Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Doadrio *et al.*, 2011; SIBIC, 2017), en tanto que otros lo incluyen en los mapas de distribución o lo nombran expresamente (Demestre *et al.*, 1977; Doadrio *et al.*, 1991; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; Fernández *et al.*, 2017; Ferrer y Font, 2018).

Tomando como referencia de la situación presente el mapa de distribución aportado por López *et al.* (2012), se estima que la reducción de la superficie ocupada por *G. aculeatus* en el delta del Ebro con respecto a la que podría ocupar potencialmente es del orden del 98,03% (solo aparece en 5 de las 254 cuadrículas UTM muestreadas) (Fig. 19).

Factores de amenaza citados en los 9 documentos sobre *G. aculeatus* con apartado de conservación:

Contaminación de las aguas (7), fragmentación del hábitat (5), introducción de especies alóctonas (4), desecación de zonas húmedas (4), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (2), dragados y canalizaciones (2), construcción de presas y embalses (2), parásitos específicos (2), extracción de áridos (1) (Doadrio *et al.*, 1991; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017; Fernández *et al.*, 2017).

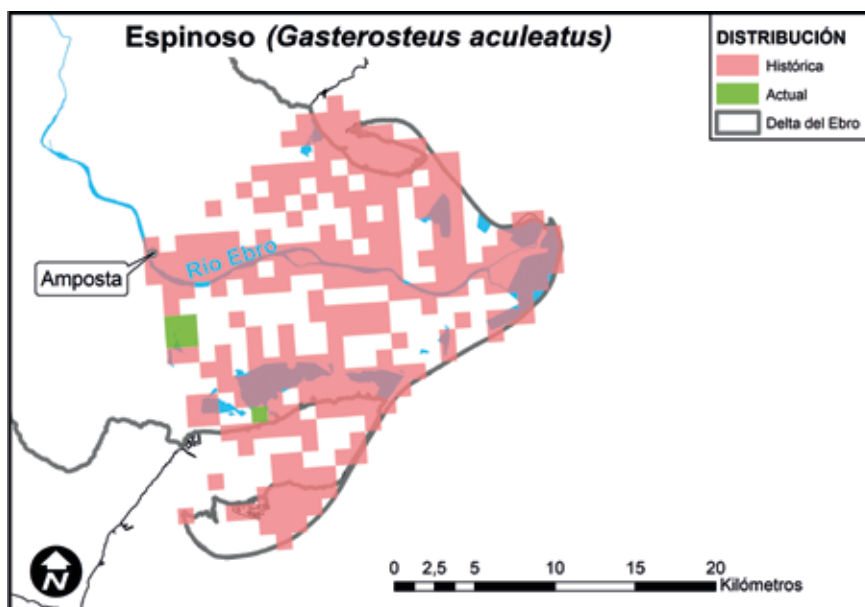


Figura 19: Distribución histórica y actual del espinoso (*Gasterosteus aculeatus*) en el delta del Ebro [basado en López et al. (2012)].

3.21. Aguja de río. *Syngnathus abaster* Risso, 1827

Se distribuye por el litoral de los mares Mediterráneo, Negro y Caspio, además de por la costa atlántica desde el estrecho de Gibraltar hasta el sur de Francia (Lloris, 2015; López et al., 2012; Aparicio et al., 2016).

Aunque para diferentes autores no estaba presente en las costas peninsulares (De Buen, 1930) o no la citan en el delta del Ebro (Pérez-Arcas, 1921; Lozano-Rey, 1935), para otros, la aguja de río era una especie común en el litoral del Mediterráneo durante el pasado siglo (Pardo, 1945; Lozano-Cabo, 1964; Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Tola y Infiesta, 2002)

En el delta del Ebro vive en aguas muy poco profundas, con abundante vegetación sumergida e influencia marina directa y su presencia actual ha sido puesta de manifiesto en numerosos trabajos (Doadrio et al., 2002; López et al., 2012; Ordeix et al., 2014; Aparicio et al., 2016; SIBIC, 2017).

Comparando y analizando los mapas de distribución recogidos en Demestre et al. (1977) y López et al. (2012), se ha estimado que la reducción de la superficie ocupada por *S. abaster* en el delta del Ebro, con respecto a la que podría ocupar potencialmente, es aproximadamente del 72,19%, teniendo en cuenta que aparece en 42 de las 151 cuadrículas UTM posibles muestreadas (Fig. 20).

Factores de amenaza citados en los 7 documentos sobre *S. abaster* con apartado de conservación:

Contaminación de las aguas (7), dragados y canalizaciones (7), desecación de zonas húmedas (3), pesca accidental (1) (Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017).

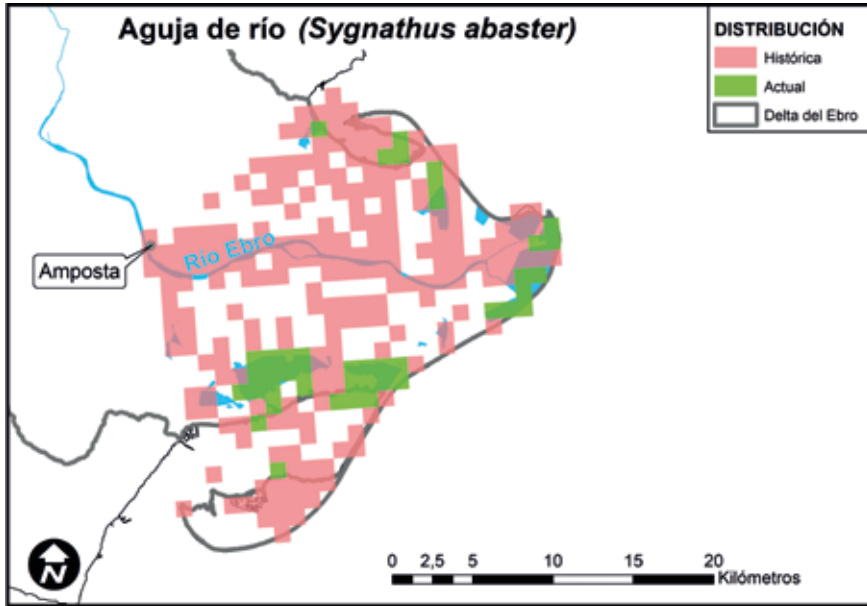


Figura 20: Distribución histórica y actual de la aguja de río (*Sygnathus abaster*) en el delta del Ebro [basado en Demestre *et al.* (1977) y López *et al.* (2012)].

3.22. Fartet. *Aphanius iberus* (Cuvier y Valenciennes, 1846)

Es un endemismo ibérico de distribución limitada al litoral mediterráneo español, en concreto a las aguas poco profundas de estuarios, lagunas, marismas, canales y remansos de los cursos de agua cercanos a la costa (Doadrio *et al.*, 2011; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

Se ha incluido en este estudio por considerar que, en sus últimos 30 km, el río Ebro se comporta como un estuario de ambiente deltaico, muy dinámico, en el que influyen en su trazado y biocenosis tanto el agua dulce como el agua salada (López *et al.*, 2014).

Las primeras citas concretas que se han encontrado sobre este ciprino-dóntido en el delta del Ebro son de Lozano-Rey (1919): “Lebias iberica ...//... Amposta, Boscá; numerosos ejemplares”, y de Doadrio (1989): “*Aphanius Iberus* ...//... La Cava, Tortosa (Tarragona). 1-IX-1925, 1 M, 2H; 2-VI-1926, 14 M, 16 H.” Otros autores de la primera mitad del siglo XX no especifican y lo sitúan desde el litoral catalán hasta el murciano (Pérez-Arcas, 1921; De Buen, 1930; Anónimo, 1952). Los datos, avalan su existencia histórica a lo largo y ancho del Delta, por lo que se elige como referencia de su probable

máxima área de distribución histórica los citados 30 km aunque, en el mapa de “presencia anterior a 2001”, Doadrio *et al.* (2011), así como otros (Elvira, 1995a; Doadrio *et al.*, 2011) la alargan hasta aproximadamente el azud de Xerta-Tivenys sin aportar localidades más precisas.

Desde la transformación deltaica -que fue intensa entre finales del siglo XIX hasta los años 60 y siguió a buen ritmo en décadas posteriores (Molinet-Coll, 2007)- las poblaciones de *A. iberus* han sufrido una drástica regresión, y su área de distribución histórica original se ha reducido tanto que ha quedado limitada a la periferia deltaica, desapareciendo del ambiente fluvial y también de la red principal de canales (Demestre *et al.*, 1977; López *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017; GBIF-ES, 2020).

Tomando como referencia el mapa aportado por Demestre *et al.* (1977) se calcula que la pérdida aproximada de superficie ocupada por *A. iberus* en el delta del Ebro, con respecto a su distribución histórica, superaba ya el 38% en la segunda mitad del siglo XX. Sobre la base de los datos recabados en SIBIC (2017) y GBIF-ES (2020), en la actualidad su distribución se restringe a algunas masas de agua periféricas, más bien salobres o hipersalinas, próximas al mar, como son *Bassa del Olles*, *Canal Vell*, *El Garxal*, *Illa de Buda*, *Bassa de la Tancada*, *L'Encanyissada*, *Alfacada*, *Salines de la Trinitat* y *La Banyà*. Apoyándose en los mapas de distribución aportados por López *et al.* (2012), se estima que la reducción actual de la superficie apropiada ocupada por *A. iberus* en el Delta es aproximadamente del 72,05%, pues solo aparece en 71 de las 254 cuadrículas UTM muestreadas (Fig. 21).

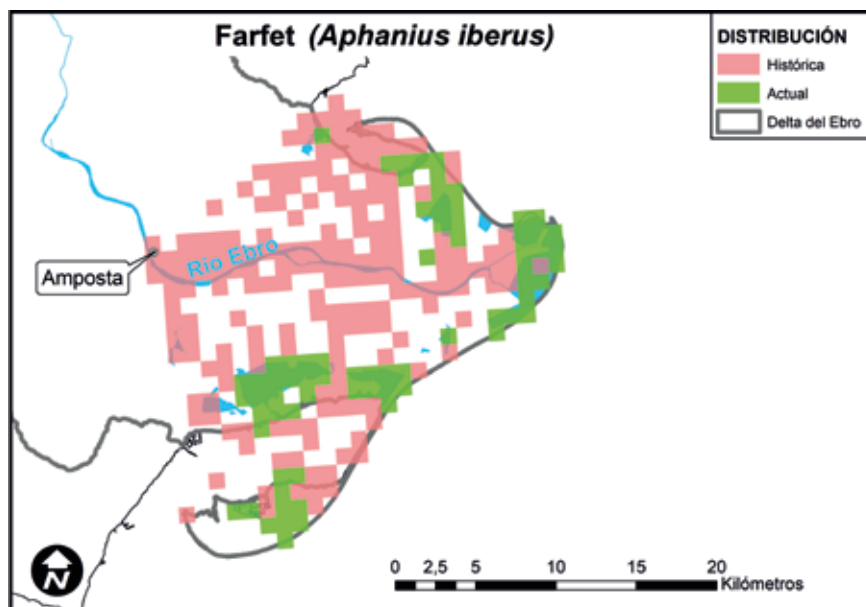


Figura 21: Distribución histórica y actual del fartet (*Aphanius iberus*) en el delta del Ebro [basado en López *et al.* (2012)].

Factores de amenaza citados en los 13 documentos sobre *A. iberus* con apartado de conservación:

Introducción de especies alóctonas (13), contaminación de las aguas (12), desecación de zonas húmedas (12), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (8), dragados y canalizaciones (5), pesca accidental (2), fragmentación del hábitat (1) (Bent y Preben, 1975; Demestre *et al.*, 1977; Doadrio *et al.*, 1991; Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Elvira, 1995b; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017; Ruiz-Navarro y Oliva-Paterna, 2017).

3.23. Samaruc. *Valencia hispanica* Valenciennes en Cuvier y Valenciennes, 1846

Endemismo ibérico-francés muy localizado. Históricamente se ha sugerido que ocupaba los, en un tiempo pasado, abundantes marjales costeros desde el sur de Francia hasta el Mar Menor en Murcia (Doadrio, 1989; Moreno-Amich *et al.*, 1999; Doadrio *et al.*, 2002; Aparicio *et al.*, 2016) pero, en la actualidad, únicamente quedan unas pocas poblaciones naturales aisladas (algunas reintroducidas) situadas entre l'Ametlla de Mar (sur de Cataluña) y el marjal de Pego-Oliva en la Comunidad Valenciana (Caiola, 2017; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Aparicio *et al.*, 2016).

El relato histórico más detallado sobre esta especie en el delta del Ebro se ha encontrado en Moreno-Amich *et al.* (1999): “En el delta del Ebro, el samaruc fue citado en primer lugar por Lozano-Rey (1919) y posteriormente por De Buen (1933). Aunque San Miguel (1979) no capturó *V. hispanica* en el delta del Ebro, Sostoa (1983) y Sostona *et al.* (1984) consideraron que habitaba la zona. No obstante, posteriores muestreos (Moreno-Amich *et al.*, 1988; García-Berthou y Moreno-Amich, 1991) no pudieron confirmar esas citas. Desde 1991 el Parque Natural del Delta del Ebro (PNDE) está promoviendo un proyecto de cría en cautividad en los “Ullas”. A este proyecto le han seguido en fechas más recientes varias iniciativas de conservación LIFE-Natura de la UE.

Por López *et al.* (2012) se sabe que actualmente solo hay dos núcleos poblacionales de *V. hispanica* en el delta del Ebro, uno en la *illa de Buda* y otro en los *Ullas de Baltasar* y, si se tiene en cuenta el mapa de distribución que aportan, se observa que solo está presente (por reintroducción) en 2 de las 254 cuadrículas UTM muestreadas en su Atlas, lo que equivale a una pérdida de su área de distribución original del orden del 99,21% (Fig. 22).

Factores de amenaza citados en los 11 documentos sobre *V. hispanica* con apartado de conservación:

Introducción de especies alóctonas (11), desecación de zonas húmedas (10), contaminación de las aguas (9), extracción de agua (5), fragmentación del hábitat (1) (Bent y Preben, 1975; Doadrio *et al.*, 1991; Elvira, 1995b; Doadrio *et al.*, 2002; Tola y Infiesta, 2002; Doadrio *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; Caiola, 2017; SIBIC, 2017).

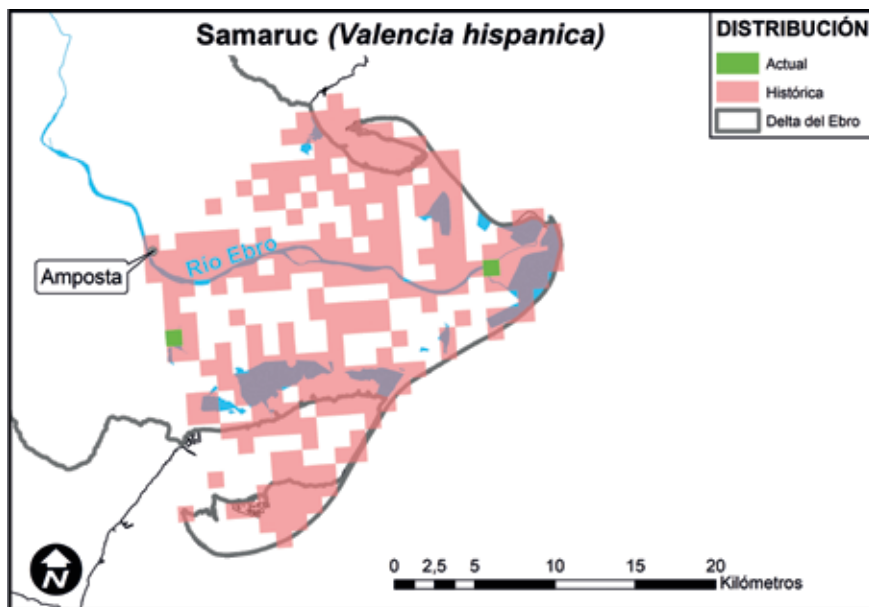


Figura 22: Distribución histórica y actual del samaruc (*Valencia hispanica*) en el delta del Ebro [basado en López *et al.* (2012)].

3.24. Fraile o blenio de río. *Salaria fluviatilis* (Asso, 1801)

Se distribuye por muchas cuencas fluviales circunmediterráneas. Actualmente en España ocupa las del Ebro, Júcar y Guadiana, además de otras cuencas menores (Doadrio *et al.*, 2011; Aparicio *et al.*, 2016).

Desde que Asso (1801) comentara que: "*Blennius fluviatilis*. Hállase rara vez en el río Ebro. En Zaragoza se llama Fraile", autores posteriores lo sitúan también en el Ebro y en Zaragoza (Lozano-Rey, 1919; Pérez-Arcas, 1921; Lozano-Cabo, 1964), al igual que Lozano-Rey (1935) -siguiendo a Steindachner- lo emplaza además en Tortosa. Quizás basándose en estas referencias, Anónimo (1952), García de Jalón *et al.* (1989) y Tola y Infiesta (2002) aportan en sus publicaciones mapas de distribución del pez fraile que, desde el mar Mediterráneo, solo llegan hasta la provincia de Zaragoza.

Gómez-Caruana y Díaz-Luna (1991) apuntan que el fraile "llega hasta Navarra, La Rioja y el País Vasco", en tanto que Doadrio *et al.* (1991), Doadrio *et al.* (2002), Doadrio *et al.* (2011) y Perea *et al.* (2011) proporcionan mapas de distribución que abarcan hasta Cantabria, coincidiendo con las observaciones hechas en los diferentes tramos del río Ebro para Cataluña (López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016), Aragón (Alcántara *et al.*, 2007; Anónimo 1, 2007; Zapater y Blanco, 2009), Navarra (Álvarez, 1980; Anónimo, 2016; Elso, 2020), La Rioja (García, 1993; Zaldívar, 1994; Elvira *et al.*, 1995; García y Pérez, 1998; Elvira *et al.*, 2003; Zaldívar 2006; Elvira *et al.*, 2012), Álava (Asensio *et al.*, 1996; Bea, 1999; Asensio, 2007;

Anónimo 2014; Anónimo; 2015), Burgos (Velasco *et al.*, 2005; Martín, 2006) y Cantabria, donde Sáiz-Villoria *et al.* (2010) lo cita en el embalse del Ebro como “localizado recientemente”.

De esta manera se considera que el área de distribución original de *S. fluviatilis* en el río Ebro tenía como punto inferior el delta del Ebro, en las inmediaciones de Tortosa en Tarragona (López *et al.* 2012, Aparicio *et al.* 2016), y como punto superior el Embalse del Ebro en Cantabria (Sáiz-Villoria *et al.*, 2010). En total, unos 930 km.

Las citas bibliográficas de los últimos quince años con presencia comprobada de *S. fluviatilis* no modifican en esencia la longitud máxima de su área de distribución, pero sí ponen de manifiesto el fraccionamiento de su población a lo largo del río Ebro. Fragmentación y disminución de efectivos poblacionales en el Ebro y otros ríos que han sido recogidas en muchos de los trabajos publicados en las dos últimas décadas (Doadrio *et al.*, 2002; Elvira *et al.*, 2003; Crivelli, 2006; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Alcántara *et al.*, 2007; Zapater y Blanco, 2009; Doadrio *et al.*, 2011; Elvira *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Anónimo, 2014; López *et al.*, 2012; Aparicio *et al.*, 2016; Elso, 2020).

De los muestreos piscícolas publicados en SIBIC (2017) entre 2005 y 2007, los realizados por la CHE en la Red de Control de Sustancias Peligrosas entre 2010 y 2016, así como los efectuados por Elvira *et al.* (2012) en La Rioja y por López *et al.* (2012) en el delta del Ebro, se obtiene que en los últimos quince años la presencia de *S. fluviatilis* en el río Ebro se ha comprobado en los siguientes puntos y años: embalse del Ebro (2010), Miranda de Ebro (2012, 2013, 2014 y 2015), Ircio (2012 y 2014), Gimileo (2012), San Vicente de la Sonsierra (2012), Cenicero (2012), Fuenmayor (2012), Gallur (2005), Sástago (2005), Azud de Rueda (2012), Caspe (2005), Flix (2007), Ascó (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016), Mora de Ebro (2007 y 2011), Benissanet (2012, 2013 y 2015), delta del Ebro (2007, 2008 y 2009).

Teniendo en cuenta que la movilidad de *S. fluviatilis* es reducida, puesto que se trata de un pez bentónico con hábitos sedentarios y un patrón de distribución agregada (Salvador, 2017; López *et al.*, 2012; Elso, 2020), la agrupación de puntos próximos puede dar una idea espacial de la fragmentación de su área original de distribución en el río Ebro. Con los datos recientes mencionados, los tramos del río Ebro, y sus longitudes aproximadas, que con seguridad albergarían poblaciones serían los siguientes: tramo del embalse del Ebro (unos 30 km), tramo Miranda de Ebro-Ircio-Gimileo-San Vicente de la Sonsierra-Cenicero-Fuenmayor (unos 56 km), tramo Gallur (unos 10 km), tramo Sástago-Azud de Rueda-Caspe (unos 89 km) y tramo Flix-Ascó-Mora de Ebro-Benissanet- delta del Ebro (unos 74 km). En total, alrededor de 259 km.

Por todo ello, estimamos que la de pérdida de longitud del área de distribución de *S. fluviatilis* en el río Ebro durante los últimos decenios ronda el 63% (Fig. 23).

Factores de amenaza citados en los 17 documentos sobre *S. fluviatilis* con apartado de conservación:

Contaminación de las aguas (16), extracción de áridos (15), introducción de especies alóctonas (14), construcción de presas y embalses (9), fragmentación del hábitat (9), dragados y canalizaciones (6), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (6) (Doadrio *et al.*, 1991; Gómez-Caruaña y Díaz-Luna, 1991; Bea, 1999; Doadrio *et al.*, 2002; Elvira *et al.*, 2003; Velasco *et al.*, 2005; Martín, 2006; Zaldívar, 2006; Alcántara *et al.*, 2007; Zapater y Blanco, 2010; Doadrio *et al.*, 2011; Elvira *et al.*, 2012; López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016; SIBIC, 2017; Elso, 2020).

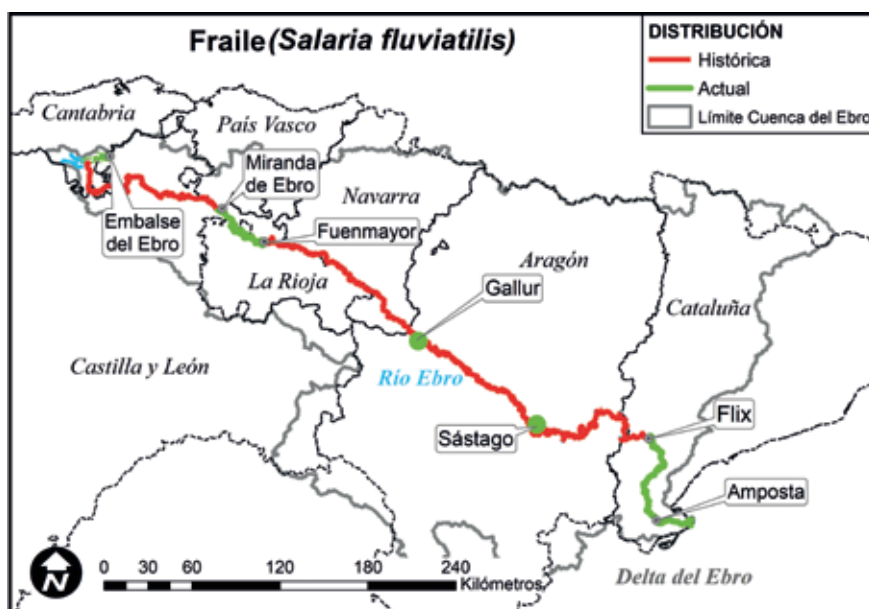


Figura 23: Distribución histórica y actual del fraile (*Salaria fluviatilis*) en el río Ebro.

3.25. Lubina. *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)

Pez anfídromo que habita en las costas atlánticas europeas y norteafricanas, mar Mediterráneo y mar Negro (Ordeix *et al.*, 2014). En Cataluña es común en todo el litoral y en las desembocaduras de los ríos principales y en las lagunas litorales (Aparicio *et al.*, 2016).

En los grandes ríos, como el Ebro o el Tiber, puede remontar bastantes kilómetros aguas arriba (Graells, 1864; De Buen, 1930; Lozano-Rey, 1935; Pardo, 1945; Lozano-Cabo, 1964; Ordeix *et al.*, 2014).

Se tiene constancia de la presencia de *D. labrax* (Ibarro, en catalán) en el delta del Ebro (Anónimo, 1952; Demestre *et al.*, 1977; López *et al.*, 2012; CHE, 2018). También es habitual que ascienda hasta el azud de Xerta-Tivenys, donde es “relativamente abundante” y objeto de pesca deportiva o profesional (Boquera y Quiroga, 2001; Aparicio *et al.*, 2016; Housing y Fishing-JB, 2016).

A diferencia de las lisas, no se ha encontrado referencia alguna sobre su existencia aguas más arriba, así que el relato histórico es coincidente con lo escrito por Pardo (1945) que, en el apartado sobre la distribución geográfica de la lubina, afirma que “vive en las aguas litorales y en los estuarios, como las lisas en general, pero se interna en los ríos mucho menos que éstas.” Razones por las que se estima que la lubina no ha sufrido retracción apreciable de su área de distribución original, a pesar de ser una de las especies más capturadas en el Delta (López *et al.*, 2012) y de su apreciación como pescado de calidad en los últimos decenios (Boquera y Quiroga, 2001) (Fig. 24). Sus poblaciones han experimentado una regresión durante las últimas décadas (Aparicio *et al.*, 2016).

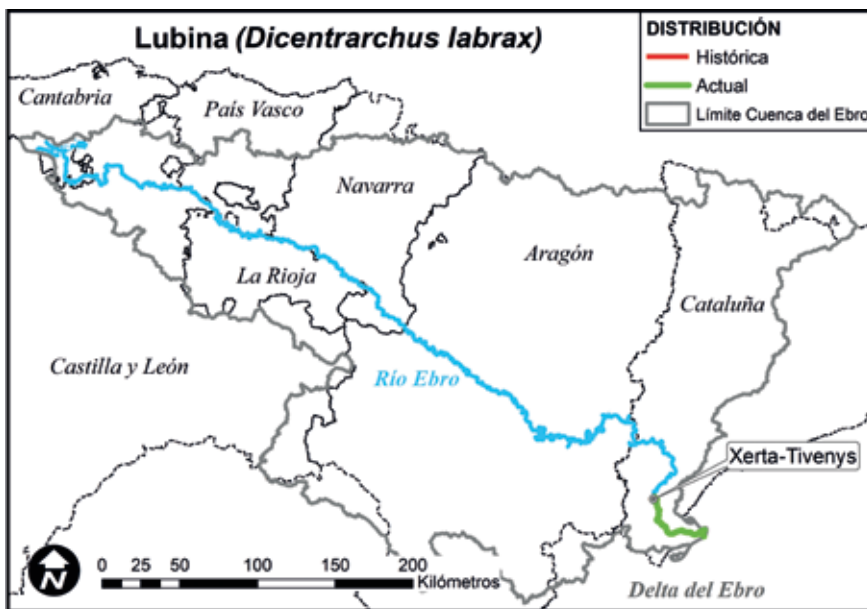


Figura 24: Distribución histórica y actual de la lubina (*Dicentrarchus labrax*) en el río Ebro.

3.26. Lisas. Fam. Mugilidae Jarocki, 1822

Las lisas son peces bentopelágicos y catádroomos -anfídromos según Ordeix *et al.* (2014)- muy frecuentes en las desembocaduras de los ríos, estuarios, puertos y lagunas costeras salobres de los mares templados y tropicales del mundo (Lloris, 2015). En las costas españolas viven seis especies de mugílidos (Lloris, 2015) y cinco frecuentan el delta del Ebro: *Mugil cephalus*, *Liza ramada*, *Chelon labrosus*, *Liza aurata* y *Liza saliens* (López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014).

De estas cinco especies, el mújol o pardete (*M. cephalus*) y el capitón o morragute (*L. ramada*) “penetran más extensamente en aguas continentales” o “remontan los cursos de aguas dulces” (López *et al.*, 2012; De Buen, 1930) y “tienen importancia en la ecología del tramo final del Ebro” (CERM,

2018). El corcón (*C. labrosus*) muestra una capacidad menor para ascender por los ríos (Doadrio *et al.*, 2011; Aparicio *et al.*, 2016). Y las dos últimas “evitan los ambientes de agua dulce” en el Delta (López *et al.*, 2012).

Desde el punto de vista histórico es muy difícil descifrar si los textos aluden a una o más especies a la vez. Así que este apartado se refiere a las dos lisas, *M. cephalus* y *L. ramada*, por ser las que tienen comportamientos migratorios más largos y similares (López *et al.*, 2012) y a *C. labrosus*, menos dotado para ello, pero presente con frecuencia en agua dulce. Hay que recordar al respecto que las especies de esta familia son “parecidas por su aspecto general” (Lozano-Rey, 1935) y que para muchos entrañan dificultad “para distinguirlas con claridad” (Arias y de la Torre, 2019).

La referencia más interesante que se ha encontrado en la bibliografía es de Madoz (1845) que, en Mequinenza (Zaragoza), reseña que hay “pesca en los ríos de barbos, anguilas, lampreas, sabogas y lisas”. Dato que sitúa al mújol y al capitón a unos 146 km del Delta y que se toma en este trabajo como el punto conocido más elevado de sus áreas de expansión en el río Ebro. Debido a su menor capacidad de ascensión fluvial, se estima que el corcón no ascendería originalmente por encima de Xerta-Tivenys.

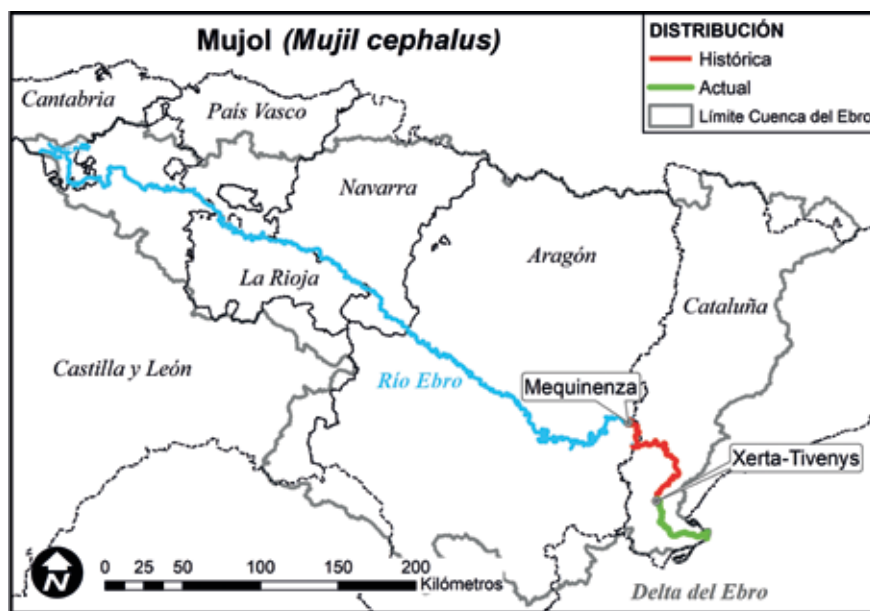


Figura 25: Distribución histórica y actual del mújol (*Mugil cephalus*) en el río Ebro.

En la actualidad *M. cephalus* y *L. ramada* son muy abundantes hasta el azud de Xerta-Tivenys (Aparicio *et al.*, 2016), primer obstáculo importante que se encuentran en su ascensión por el río Ebro, localizado a unos 51 km de la desembocadura. Hoy en día, *C. labrosus* también está presente hasta el citado azud (Doadrio *et al.*, 2011). Razones por las que se estima que mújol (*M. cephalus*) y capitón (*L. ramada*) en poco mas de siglo y medio

han mermado un 65,07% la longitud de su área natural de dispersión en el río Ebro (Fig. 25), mientras que en el caso del corcón (*C. labrosus*) no se considera que haya variado su distribución (Fig. 26).

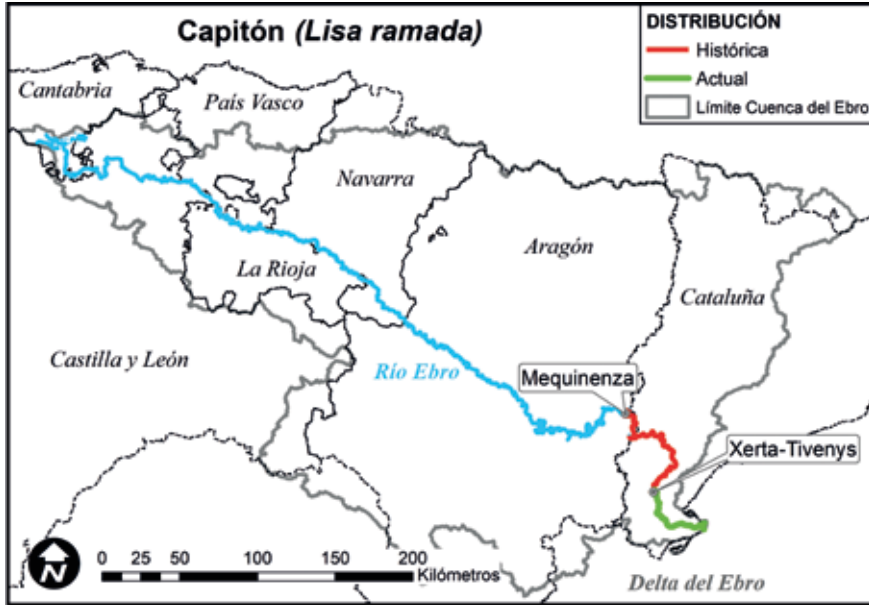


Figura 26: Distribución histórica y actual del capitón (*Liza ramada*) en el río Ebro.

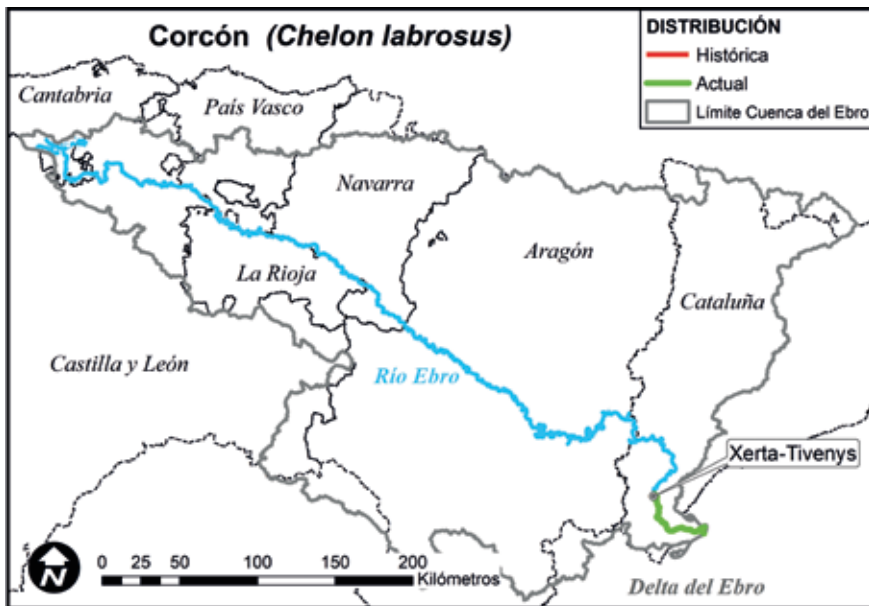


Figura 27: Distribución histórica y actual del corcón (*Chelon labrosus*) en el río Ebro.

Desde el punto de vista poblacional, las lisas en general, y *M. cephalus* y *L. ramada* en particular, no parecen tener problemas de conservación y son comunes en la zona de estudio (López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016). En el caso de *C. labrosus* se ha escrito que muestra una tendencia poblacional regresiva sin aportar factores de amenaza (Doadrio *et al.*, 2011).

3.27. Platija. *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758)

Su área de distribución natural abarca el Atlántico europeo y los mares Mediterráneo y Negro, así como las desembocaduras de los ríos de estas cuencas marinas, siendo en la península Ibérica más común en la vertiente atlántica (Doadrio *et al.*, 2011; SIBIC, 2017).

Ciertos autores remarcan su capacidad de penetrar en las aguas dulces (De Buen, 1930; Lozano-Rey, 1935) y de remontar “río arriba hasta distancias considerables” (Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016). Otros estudios localizan a la platija más o menos concretamente en el Delta (Aparicio *et al.*, 2016; Quesada-Lara y Agulló-Villaronga, 2022), hasta Amposta (Demestre *et al.*, 1977), hasta Tortosa (Gómez-Caruana y Díaz-Luna, 1991; Ordeix *et al.*, 2014), o en el curso bajo del Ebro (Tola y Infiesta, 2002).

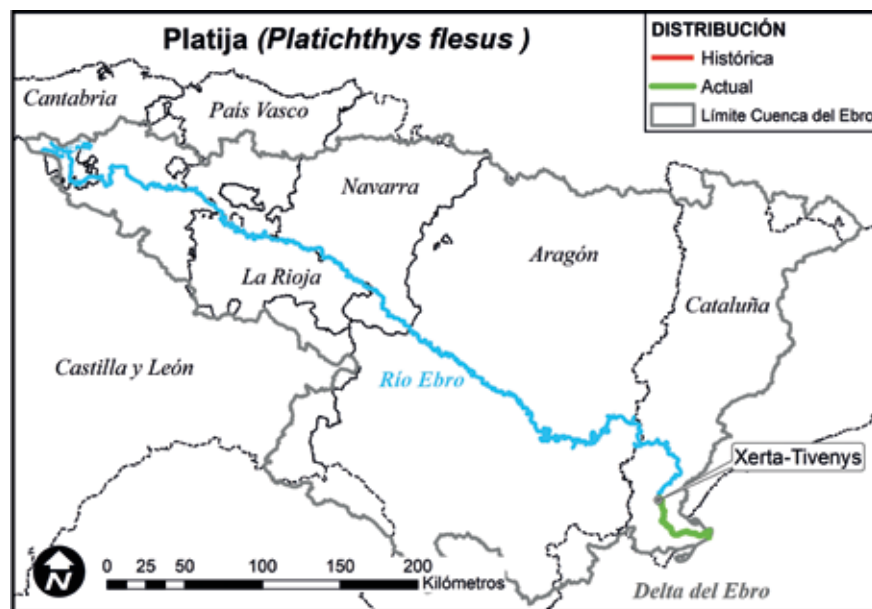


Figura 28: Distribución histórica y actual de la platija (*Platichthys flesus*) en el río Ebro.

Teniendo en cuenta las citas de Elvira *et al.* (1995), así como interpretando los mapas presentados en Doadrio *et al.* (2011) y SIBIC (2017), se sitúa en el azud de Xerta-Tivenys el límite superior de la distribución de *P. flesus*, tanto en su pasado como en la actualidad (Fig. 27), teniendo en

cuenta que ha sido una especie más bien escasa en el Ebro desde que se tienen registros (Demestre *et al.*, 1977; Ordeix *et al.*, 2014), y que para varios autores posee una población en regresión (Doadrio *et al.*, 2011), no ha sido hallada en los muestreos para la realización del Atlas (López *et al.*, 2012), o debe considerarse en peligro de extinción (Aparicio *et al.*, 2016).

Factores de amenaza citados en los 2 documentos sobre *P. flesus* con apartado de conservación:

Sobrepesca (2), contaminación de las aguas (2), dragados y canalizaciones (2), construcción de presas (1), extracción y fluctuaciones artificiales del caudal de agua (1) (Doadrio *et al.*, 2011; SIBIC, 2017).

3.28. El río Ebro y sus tramos

3.28.1. El Alto Ebro

El Alto Ebro (Ollero, 2002) se extiende por alrededor de 252 km desde su nacimiento en Cantabria hasta las Conchas de Haro (La Rioja). En este tramo alto del río vivían originariamente 11 especies autóctonas. La anguila (*A. anguilla*), el barbo colirrojo (*B. haasi*) y el cacho o zaparda (*S. pyrenaicus*) han desaparecido en la actualidad en todo el trayecto, lo que supone la extinción del 27,27% del total de las especies nativas. Antes bien, el barbo de Graells (*L. graellsii*), la madrilla o loína (*P. miegii*), el piscador o chipa (*P. bigerri*), la lamprehuela (*C. calderoni*) y el lobo de río (*B. quignardi*) siguen presentes en el 100% de su recorrido original (45,45%). El resto, trucha común (*S. trutta*), bermejuela (*A. arcasii*) y fraile (*S. fluviatilis*) han mermado sus áreas de presencia (27,28%).

La pérdida de los rangos de distribución de las especies autóctonas en el Alto Ebro alcanza, en promedio, el 42,86% (ver *Tabla 2*).

Tabla 2: Pérdida de km de río por cada una de las especies nativas de peces del Alto Ebro.

Especies nativas del Alto Ebro	km de río perdidos (%)
ANGUILA EUROPEA (<i>Anguilla anguilla</i>)	100,00
TRUCHA COMÚN (<i>Salmo trutta</i>)	32,54
BERMEJUELA (<i>Achondrostoma arcasii</i>)	60,71
BARBO COLIRROJO (<i>Barbus haasi</i>)	100,00
BARBO DE GRELLS (<i>Luciobarbus graellsii</i>)	0,00
MADRILLA O LOÍNA (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	0,00
PISCARDO O CHIPA (<i>Phoxinus bigerri</i>)	0,00
CACHO O ZAPARDA (<i>Squalius pyrenaicus</i>)	100,00
LAMPREHUELA (<i>Cobitis calderoni</i>)	0,00
LOBO DE RÍO (<i>Barbatula quignardi</i>)	0,00
FRAILE O BLENIO DE RÍO (<i>Salaria fluviatilis</i>)	78,17
PROMEDIO ALTO EBRO	42,86

Si se agrupan los factores de amenaza mencionados por los autores para cada una de las especies nativas presentes en este tramo (ver *Tabla 3*), las causas principales de esa pérdida de biodiversidad en el Alto Ebro son la contaminación de las aguas (18,47%), la introducción de especies exóticas (17,35%) y la construcción de presas y embalses (17,16%).

Tabla 3: Factores de amenaza y número de veces que los citan en la bibliografía para cada una de las especies nativas de peces del Alto Ebro.

Especies nativas del Alto Ebro	Pres. y Emb.	Con. Agu.	Dra. y Can.	Pes. Abu.	Ext. Ari.	Ext. y Flu.	Cam. Cli.	Esp. Exo.	Par. y Enf.	Int. Gen.	Inc. For.	Fra. Hab.
ANGUILA EUROPEA (<i>Anguilla anguilla</i>)	11	9	2	11			1		5			
TRUCHA COMÚN (<i>Salmo trutta</i>)	7	10	5	11	1	8	2	7		12	1	
BERMEJUELA (<i>Achondrostoma arcasi</i>)	8	9	6		4	4	2	10				8
BARBO COLIRROJO (<i>Barbus baasi</i>)	12	13	6		2	10		10				12
BARBO DE GRELLS (<i>Luciobarbus graellsii</i>)	8	5	4		3	4		8				
MADRILLA O LOÍNA (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	9	8	7		7	4		9				9
PISCARDO O CHIPA (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	4	6	5					6				
CACHO O ZAPARDA (<i>Squalius pyrenaicus</i>)	7	6	5		3	3		7				7
LAMPREHUELA (<i>Cobitis calderoni</i>)	12	12	12	2	13	3		14				4
LOBO DE RÍO (<i>Barbatula quignardi</i>)	5	5	5		1	2		8				
FRAILE O BLENIO DE RÍO (<i>Salaria fluviatilis</i>)	9	16	6		15	6		14				9
Nº DE CITAS DE CADA FACTOR DE AMENAZA	92	99	63	23	49	44	5	93	5	12	1	49
% SOBRE EL TOTAL DE CITAS	17,16	18,47	11,75	4,48	9,14	8,21	0,93	17,35	0,93	2,24	0,19	9,14

Pres. y Emb.= construcción de presas y embalses/ Con. Agu.= contaminación del agua/ Dra. y Can.= dragados y canalizaciones/ Pes. Abu.= pesca abusiva o accidental/ Ext. Ari.= extracción de áridos/ Ext. y Flu.= extracción y fluctuaciones de agua/ Cam. Cli.= cambio climático/ Esp. Exo.= introducción de especies exóticas/ Par. y Enf.= introducción de parásitos y enfermedades/ Int. Gen.= introgresión genética o hibridación/ Inc. For.= incendios forestales/ Fra. Hab.= fragmentación del hábitat.

3.28.2. El Ebro Medio

El Ebro Medio tiene una extensión aproximada de 532 km y termina en Mequinenza (Aragón) (Ollero, 2002). En este largo tramo vivían originalmente 15 especies piscícolas autóctonas. Seis de ellas (40%) -lamprea marina (*P. marinus*), esturión (*A. sturio*), sábalo (*A. alosa*), trucha común (*S. trutta*), barbo colirrojo (*B. baasi*) y cacho (*S. pyrenaicus*)- ya han desaparecido en todo su recorrido. Otras ocho (53%), han visto reducidos en diferente grado sus dominios naturales, y tan solo el barbo de Graells (*L. graellsii*), no ha acortado su distribución original a lo largo de este tramo del río Ebro.

La pérdida media de las áreas vitales de las especies piscícolas autóctonas en el Ebro Medio ronda el 73,76% (ver *Tabla 4*).

Tabla 4: Pérdida de km de río por cada una de las especies nativas de peces del Ebro Medio.

Especies nativas del Ebro Medio	km de río perdidos (%)
LAMPREA MARINA (<i>Petromyzon marinus</i>)	100,00
ESTURIÓN O SOLLO (<i>Acipenser sturio</i>)	100,00
SÁBALO (<i>Alosa alosa</i>)	100,00
ANGUILA EUROPEA (<i>Anguilla anguilla</i>)	86,00
TRUCHA COMÚN (<i>Salmo trutta</i>)	100,00
BERMEJUELA (<i>Achondrostoma arcasii</i>)	71,62
BARBO COLIRROJO (<i>Barbus baasi</i>)	100,00
BARBO DE GRELLS (<i>Luciobarbus graellsii</i>)	0,00
MADRILLA O LOÍNA (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	28,20
PISCARDO O CHIPA (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	20,66
CACHO O ZAPARDA (<i>Squalius pyrenaicus</i>)	100,00
LAMPREHUELA (<i>Cobitis calderoni</i>)	91,73
COLMILLEJA (<i>Cobitis paludica</i>)	100,00
LOBO DE RÍO (<i>Barbatula quignardi</i>)	42,11
FRAILE O BLENIO DE RÍO (<i>Salaria fluviatilis</i>)	66,17
PROMEDIO EBRO MEDIO	73,76

Si se asocian los factores de amenaza reseñados en la bibliografía para cada especie nativa presente en este tramo (ver *Tabla 5*), las causas que más influyen en la pérdida de la biodiversidad piscícola en el Ebro Medio son, por este orden, la contaminación de las aguas (18,79%), la construcción de presas y embalses (18,36%) y la introducción de especies exóticas (14,83%).

Tabla 5: Factores de amenaza y número de veces que los citan en la bibliografía para cada una de las especies nativas de peces del Ebro Medio.

Especies nativas del Ebro Medio	Pres. y Emb.	Con. Agu.	Dra. y Can.	Pes. Abu.	Ext. Ari.	Ext. y Flu.	Cam. Cli.	Esp. Exo.	Par. y Enf.	Int. Gen.	Inc. For.	Fra. Hab.
LAMPREA MARINA (<i>Petromyzon marinus</i>)	9	9	7	5	4	3	1					
ESTURIÓN O SOLLO (<i>Acipenser sturio</i>)	11	9	3	7	7	4		1				
SÁBALO (<i>Alosa alosa</i>)	10	10	1	7	2	4	1					
ANGUILA EUROPEA (<i>Anguilla anguilla</i>)	11	9	2	11			1		5			
TRUCHA COMÚN (<i>Salmo trutta</i>)	7	10	5	11	1	8	2	7		12	1	
BERMEJUELA (<i>Achondrostoma arcasii</i>)	8	9	6		4	4	2	10				8
BARBO COLIRROJO (<i>Barbus haasi</i>)	12	13	6		2	10		10				12
BARBO DE GRELLS (<i>Luciobarbus graellsii</i>)	8	5	4		3	4		8				
MADRILLA O LOÍNA (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	9	8	7		7	4		9				9
PISCARDO O CHIPA (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	4	6	5					6				
CACHO O ZAPARDA (<i>Squalius pyrenaicus</i>)	7	6	5		3	3		7				7
LAMPREHUELA (<i>Cobitis calderoni</i>)	12	12	12	2	13	3		14				4
COLMILLEJA (<i>Cobitis paludica</i>)	8	6	10	8	8	4		11				2
LOBO DE RÍO (<i>Barbatula quignardi</i>)	5	5	5		1	2		8				
FRAILE O BLENIO DE RÍO (<i>Salaria fluviatilis</i>)	9	16	6		15	6		14				9
Nº DE CITAS DE CADA FACTOR DE AMENAZA	130	133	84	51	70	59	7	105	5	12	1	51
% SOBRE EL TOTAL DE CITAS	18,36	18,79	11,86	7,20	9,89	8,33	0,99	14,83	0,71	1,69	0,14	7,20

Pres. y Emb.= construcción de presas y embalses/ Con. Agu.= contaminación del agua/ Dra. y Can.= dragados y canalizaciones/ Pes. Abu.= pesca abusiva o accidental/ Ext. Ari.= extracción de áridos/ Ext. y Flu.= extracción y fluctuaciones de agua/ Cam. Cli.= cambio climático/ Esp. Exo.= introducción de especies exóticas/ Par. y Enf.= introducción de parásitos y enfermedades/ Int. Gen.= introgresión genética o hibridación/ Inc. For.= incendios forestales/ Fra. Hab.= fragmentación del hábitat.

3.29.3. El Bajo Ebro

El Bajo Ebro comienza en Mequinenza (Aragón) y termina en el Delta (Cataluña) tras recorrer aproximadamente 146 km (Ollero, 2002). Originalmente este tramo estuvo habitado por 20 especies piscícolas autóctonas, contando con las deltaicas (9) capaces de vivir en aguas con salinidad variable (López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016). Cuatro (20%) -esturión (*A. sturio*), sábalo (*A. alosa*), madrilla (*P. miegii*) y colmilleja (*C. paludica*)- han desaparecido por completo del tramo. Otras cuatro (20%) -barbo de Graells (*L. graellsii*), lubina (*D. labrax*), corcón (*C. labrosus*) y platija (*P. flesus*) conservan aún sus distribuciones originales. Y el resto de las especies (60%) mantienen diversos grados de presencia, en ocasiones muy escasa y consecuencia de diversas iniciativas de cría en cautividad y repoblación posterior, caso del fartet (*A. iberus*) y del samaruc (*V. hispanica*) en el parque Natural del Delta del Ebro.

La pérdida media aproximada de las distribuciones vitales originales de las especies piscícolas nativas continentales en el Bajo Ebro es del 61,88% (ver *Tabla 6*).

Tabla 6: Pérdida de km de río por cada una de las especies nativas de peces continentales del Bajo Ebro.

Especies nativas del Bajo Ebro	km de río perdidos (%)
LAMPREA MARINA (<i>Petromyzon marinus</i>)	65,07
ESTURIÓN O SOLLO (<i>Acipenser sturio</i>)	100,00
SABOGA (<i>Alosa fallax</i>)	65,07
SÁBALO (<i>Alosa alosa</i>)	100,00
ANGUILA EUROPEA (<i>Anguilla anguilla</i>)	49,32
PEJERREY MEDITERRÁNEO (<i>Atherina boyeri</i>)	65,07
BARBO DE GRELLS (<i>Luciobarbus graellsii</i>)	0,00
MADRILLA O LOÍNA (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	100,00
BAGRE (<i>Squalius laietanus</i>)	49,32
COLMILLEJA (<i>Cobitis paludica</i>)	100,00
FRAILE O BLENIO DE RÍO (<i>Salaria fluviatilis</i>)	72,15
LUBINA (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	0,00
PARDETE O MÚJOL (<i>Mugil cephalus</i>)	65,07
MORRAGUTE O CAPITÓN (<i>Liza ramada</i>)	65,07
CORCÓN (<i>Chelon labrosus</i>)	0,00
PLATIJA (<i>Platichthys flesus</i>)	0,00
ESPINOSO (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	98,03
AGUJA DE RÍO (<i>Syngnathus abaster</i>)	72,19
FARTET (<i>Aphanius iberus</i>)	72,05
SAMARUC (<i>Valencia hispanica</i>)	99,21
PROMEDIO BAJO EBRO	61,88

Si se asocian los factores de amenaza reseñados en la bibliografía para cada especie nativa presente en este tramo (ver *Tabla 7*), las causas que más influyen en la pérdida de la biodiversidad piscícola en el Bajo Ebro son, por este orden, la contaminación de las aguas (21,37%), la construcción de presas y embalses (15,66%) y la introducción de especies exóticas (13,21%).

Tabla 7: Factores de amenaza y número de veces que los citan en la bibliografía para cada una de las especies nativas de peces del Bajo Ebro.

Especies nativas del Bajo Ebro	Pres. y Emb.	Con. Agu.	Dra. y Can.	Pes. Abu.	Ext. Ari.	Ext. y Flu.	Cam. Cli.	Esp. Exo.	Par. y Enf.	Int. Gen.	Inc. For.	Fra. Hab.	Des. Zon. Hum.
LAMPREA MARINA (<i>Petromyzon marinus</i>)	9	9	7	5	4	3	1						
ESTURIÓN O SOLLO (<i>Acipenser sturio</i>)	11	9	3	7	7	4		1					
SABOGA (<i>Alosa fallax</i>)	9	11	2	6	2	3	1						
SÁBALO (<i>Alosa alosa</i>)	10	10	1	7	2	4	1						
ANGUILA EUROPEA (<i>Anguilla anguilla</i>)	11	9	2	11			1		5				
PEJERREY MEDIT. (<i>Atherina boyeri</i>)	3	5	1	6		5		5					
BARBO DE GRELLS (<i>Luciobarbus graellsii</i>)	8	5	4		3	4		8					
MADRILLA O LOÍNA (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	9	8	7		7	4		9				9	
BAGRE (<i>Squalius laietanus</i>)	6	6	4		4	4		5		2	2	6	
COLMILLEJA (<i>Cobitis palúdica</i>)	8	6	10	8	8	4		11				2	
FRAILE O BLENIO DE RÍO (<i>Salaria fluviatilis</i>)	9	16	6		15	6		14				9	
LUBINA (<i>Dicentrarchus labrax</i>)													
PARDETE O MÚJOL (<i>Mugil cephalus</i>)													
MORRAGUTE O CAPI-TÓN (<i>Liza ramada</i>)													
CORCÓN (<i>Chelon labrosus</i>)													
PLATIJA (<i>Platichtbys flesus</i>)	1	2	2	2		1							

Especies nativas del Bajo Ebro	Pres. y Emb.	Con. Agu.	Dra. y Can.	Pes. Abu.	Ext. Ari.	Ext. y Flu.	Cam. Cli.	Esp. Exo.	Par. y Enf.	Int. Gen.	Inc. For.	Fra. Hab.	Des. Zon. Hum.
ESPINOSO (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	2	7	2		1	2		4	2			5	4
AGUJA DE RÍO (<i>Syngnathus abaster</i>)		7	7	1									3
FARTET (<i>Aphanius iberus</i>)		12	5	2		8		13				1	12
SAMARUC (<i>Valencia hispanica</i>)		9				5		11				1	10
Nº DE CITAS DE CADA FACTOR DE AMENAZA	96	131	63	55	53	57	4	81	7	2	2	33	29
% SOBRE EL TOTAL DE CITAS	15,66	21,37	10,28	8,97	8,65	9,30	0,65	13,21	1,14	0,33	0,33	5,38	4,73

Pres. y Emb.= construcción de presas y embalses/ Con. Agu.= contaminación del agua/ Dra. y Can.= dragados y canalizaciones/ Pes. Abu.= pesca abusiva o accidental/ Ext. Ari.= extracción de áridos/ Ext. y Flu.= extracción y fluctuaciones de agua/ Cam. Cli.= cambio climático/ Esp. Exo.= introducción de especies exóticas/ Par. y Enf.= introducción de parásitos y enfermedades/ Int. Gen.= introgresión genética o hibridación/ Inc. For.= incendios forestales/ Fra. Hab.= fragmentación del hábitat/ Des. Zon. Hum.= desecación de zonas húmedas.

3.29.4. El Ebro de principio a fin

El río Ebro recorre unos 930 km hasta desembocar en el mar Mediterráneo. Originalmente estuvo habitado por 27 especies piscícolas nativas (ver tabla 9), de las que nueve son especies deltaicas o estuáricas, capaces de vivir en aguas con salinidad variable (López *et al.*, 2012; Ordeix *et al.*, 2014; Aparicio *et al.*, 2016).

A lo largo de su historia reciente, cinco (18,51%) especies de peces se han extinguido ya en todo el recorrido del eje principal del valle del Ebro: esturión (*A. sturio*), sáballo (*A. alosa*), barbo colirrojo (*B. haasi*), cacho o zaparda (*S. pyrenaicus*) y colmilleja (*C. paludica*). Otras cuatro (14,81%), han reducido sus áreas vitales a lo largo del río en más de un 80%: lamprea marina (*P. marinus*), anguila europea (*A. anguilla*), espinoso (*G. aculeatus*) y samaruc (*V. hispanica*). Trece (48,14%), han reducido su área de dispersión entre el 74,85% y el 31,83%. Mientras que el barbo de Graells (*L. graellsii*), la lubina (*D. labrax*), el corcón (*C. labrosus*) y la platija (*P. flesus*) no han variado sus distribuciones originales, lo que supone tan solo un 14,81%, aunque si han bajado claramente sus efectivos poblacionales.

La pérdida media aproximada de las distribuciones vitales originales de las especies piscícolas nativas continentales a lo largo de todo el río Ebro es del 62,51% (ver *Tabla 8*).

Tabla 8: Pérdida de km de río por cada una de las especies nativas de peces continentales del río Ebro.

Especies nativas del río Ebro	km de río perdidos (%)
LAMPREA MARINA (<i>Petromyzon marinus</i>)	86,79
ESTURIÓN O SOLLO (<i>Acipenser sturio</i>)	100,00
SABOGA (<i>Alosa fallax</i>)	65,07
SÁBALO (<i>Alosa alosa</i>)	100,00
ANGUILA EUROPEA (<i>Anguilla anguilla</i>)	92,04
PEJERREY MEDITERRÁNEO (<i>Atherina boyeri</i>)	65,07
TRUCHA COMÚN (<i>Salmo trutta</i>)	74,85
BERMEJUELA (<i>Achondrostoma arcasii</i>)	68,83
BARBO COLIRROJO (<i>Barbus haasi</i>)	100,00
BARBO DE GRELLS (<i>Luciobarbus graellsii</i>)	0,00
MADRILLA O LOÍÑA (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	31,83
PISCARDO O CHIPA (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	10,12
CACHO O ZAPARDA (<i>Squalius pyrenaicus</i>)	100,00
BAGRE (<i>Squalius laietanus</i>)	49,32
LAMPREHUELA (<i>Cobitis calderoni</i>)	62,00
COLMILLEJA (<i>Cobitis paludica</i>)	100,00
LOBO DE RÍO (<i>Barbatula quignardii</i>)	38,00
FRAILE O BLENIO DE RÍO (<i>Salaria fluviatilis</i>)	72,15
LUBINA (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	0,00
PARDETE O MÚJOL (<i>Mugil cephalus</i>)	65,07
MORRAGUTE O CAPITÓN (<i>Liza ramada</i>)	65,07
CORCÓN (<i>Chelon labrosus</i>)	0,00
PLATIJA (<i>Platichthys flesus</i>)	0,00
ESPINOSO (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	98,03
AGUJA DE RÍO (<i>Syngnathus abaster</i>)	72,19
FARTET (<i>Aphanius iberus</i>)	72,05
SAMARUC (<i>Valencia hispanica</i>)	99,21
PROMEDIO RÍO EBRO	62,51

Agrupando los factores de amenaza citados en la bibliografía para cada una de las especies nativas (ver *Tabla 9*), los impactos ambientales que más influyen en la pérdida de la biodiversidad piscícola del río Ebro son: la contaminación de las aguas (20,21%), la construcción de presas y embalses (15,89%) y la introducción de especies exóticas (15,05%).

Tabla 9: Factores de amenaza y número de veces que los citan en la bibliografía para cada una de las especies nativas de peces del río Ebro.

Especies nativas del río Ebro	Pres. y Emb.	Con. Agu.	Dra. y Can.	Pes. Abu.	Ext. Ari.	Ext. y Flu.	Cam. Cli.	Esp. Exo.	Par. y Enf.	Int. Gen.	Inc. For.	Fra. Hab.	Des. Zon. Hum.
LAMPREA MARINA (<i>Petromyzon marinus</i>)	9	9	7	5	4	3	1						
ESTURIÓN O SOLLO (<i>Acipenser sturio</i>)	11	9	3	7	7	4		1					
SABOGA (<i>Alosa fallax</i>)	9	11	2	6	2	3	1						
SÁBALO (<i>Alosa alosa</i>)	10	10	1	7	2	4	1						
ANGUILA EUROPEA (<i>Anguilla anguilla</i>)	11	9	2	11			1		5				
PEJERREY MEDIT. (<i>Atherina boyeri</i>)	3	5	1	6		5		5					
TRUCHA COMÚN (<i>Salmo trutta</i>)	7	10	5	11	1	8	2	7		12	1		
BERMEJUELA (<i>Achondrostoma arcasii</i>)	8	9	6		4	4	2	10				8	
BARBO COLIRROJO (<i>Barbus baasi</i>)	12	13	6		2	10		10				12	
BARBO DE GRELLS (<i>Luciobarbus graellsii</i>)	8	5	4		3	4		8					
MADRILLA O LOÍNA (<i>Parachondrostoma miegii</i>)	9	8	7		7	4		9				9	
PISCARDO O CHIPA (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	4	6	5					6					
CACHO O ZAPARDA (<i>Squalius pyrenaicus</i>)	7	6	5		3	3		7				7	
BAGRE (<i>Squalius laietanus</i>)	6	6	4		4	4		5		2	2	6	
LAMPREHUELA (<i>Cobitis calderoni</i>)	12	12	12	2	13	3		14				4	
COLMILLEJA (<i>Cobitis paludica</i>)	8	6	10	8	8	4		11				2	
LOBO DE RÍO (<i>Barbatula barbatula</i>)	5	5	5		1	2		8					
ESPINOSO (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	2	7	2		1	2		4	2			5	4
AGUJA DE RÍO (<i>Syngnathus abaster</i>)		7	7	1									3
FARTET (<i>Aphanius iberus</i>)		12	5	2		8		13				1	12

Especies nativas del río Ebro	Pres. y Emb.	Con. Agu.	Dra. y Can.	Pes. Abu.	Ext. Ari.	Ext. y Flu.	Cam. Cli.	Esp. Exo.	Par. y Enf.	Int. Gen.	Inc. For.	Fra. Hab.	Des. Zon. Hum.
SAMARUC (<i>Valencia hispanica</i>)		9				5		11				1	10
FRAILE O BLENIO DE RÍO (<i>Salaria fluviatilis</i>)	9	16	6		15	6		14				9	
PLATIJA (<i>Platicthys flesus</i>)	1	2	2	2		1							
LUBINA (<i>Dicentrarchus labrax</i>)													
PARDETE O MÚJOL (<i>Mugil cephalus</i>)													
MORRAGUTE O CAPI-TÓN (<i>Liza ramada</i>)													
CORCÓN (<i>Chelon labrosus</i>)													
Nº DE CITAS DE CADA FACTOR DE AMENAZA	151	192	107	68	77	87	8	143	7	14	3	64	29
% SOBRE EL TOTAL DE CITAS	15,89	20,21	11,26	7,16	8,11	9,16	0,84	15,05	0,74	1,47	0,32	6,74	3,05

Pres. y Emb.= construcción de presas y embalses/ Con. Agu.= contaminación del agua/ Dra. y Can.= dragados y canalizaciones/ Pes. Abu.= pesca abusiva o accidental/ Ext. Ari.= extracción de áridos/ Ext. y Flu.= extracción y fluctuaciones de agua/ Cam. Cli.= cambio climático/ Esp. Exo.= introducción de especies exóticas/ Par. y Enf.= introducción de parásitos y enfermedades/ Int. Gen.= introgresión genética o hibridación/ Inc. For.= incendios forestales/ Fra. Hab.= fragmentación del hábitat/ Des. Zon. Hum.= desecación de zonas húmedas.

4. CONCLUSIONES

Este es el primer estudio histórico que cuantifica los cambios biogeográficos sufridos por la fauna piscícola nativa del río Ebro a lo largo de todo su recorrido, interpretando el eje principal de la cuenca del Ebro como un sistema fluvial en sí mismo (Ollero, 2007). La metodología y estimaciones que proporciona este trabajo basado en indicadores fáciles de comprobar y de calcular, pueden servir para la toma de conciencia y para comparar la evolución de la fauna piscícola autóctona en el espacio y tiempo en el río Ebro, así como de herramienta de mejora en la planificación hidrológica de la cuenca del Ebro (CHE, 2019), nacida a partir de la Ley de aguas de 1985, y tan faltas ambas de concreción en materia de conservación de la biodiversidad piscícola.

Por causa de la injerencia humana, las áreas o rangos de distribución originales de los peces nativos del río Ebro se han reducido en una media estimada superior al 62% en los últimos 50 años. Tendencia que se observa en la mayoría de las cuencas con clima mediterráneo del mundo (Aparicio *et al.*, 2000). El mayor acortamiento medio de las áreas de distribución

(73,76%) se produjo en las especies nativas presentes en el Ebro Medio y, el menor, en las que habitan el Alto Ebro (42,86%). Resultado en la línea de lo expuesto en otros trabajos (ej.: Radinger *et al.*, 2019; Radinger y García-Berthou, 2020; Cano-Barbacil *et al.*, 2022) que inciden en el mayor deterioro de los tramos medios y bajos de los ríos por soportar más impactos ambientales (mayor regulación por embalses, mayor presencia de especies invasoras, etc.).

Si se exceptúan la tenca (*T. tinca*) y el gobio (*G. lozanoi*) -que no se han mapeado ni tenido en cuenta en las estimaciones finales por ser de dudosa procedencia natural en el río Ebro-, el barbo de Graells (*L. graellsii*) es la única especie plenamente dulceacuícola que conserva en toda la longitud su distribución original a lo largo de todo el río Ebro, aunque con una población en regresión generalizada (Doadrio *et al.*, 2011). Las otras especies que mantienen relativamente intacto su rango de distribución pertenecen al grupo de especies marinas estacionales (anfídromas) del delta del Ebro (Demestre *et al.*, 1977; Ordeix, *et al.*, 2014), y son: el corcón (*C. labrosus*), la lubina (*D. labrax*) y la platija (*P. flesus*), estando estas dos últimas también en regresión poblacional (Doadrio *et al.*, 2011; Aparicio *et al.*, 2016).

A pesar de que ya la fauna piscícola del río Ebro sufría con anterioridad los efectos de la industrialización, las obras hidráulicas, la agricultura intensiva y la concentración urbana, en la bibliografía se observa que hasta la década de los 90 del pasado siglo no se generalizó en los estudios ictiológicos la inclusión de los factores de amenaza para las especies.

En total, se han detectado los 13 factores de amenaza de origen humano que han contribuido, en mayor o menor medida, a la reducción de los diferentes rangos de distribución de los peces nativos a lo largo de la historia reciente del río Ebro. Los más repetidos en la documentación consultada son la contaminación de las aguas (20,21%), la construcción de presas y embalses (15,89%), la introducción de especies exóticas (15,05%) y las obras de dragado y canalización (11,26%). Sorprende la poca importancia (0,84%) que la mayoría de los autores han dado hasta la fecha a la influencia del cambio climático en el acortamiento de las distribuciones. Urge, por tanto, actualizar los estudios sobre ictiología del río Ebro -entendido como un todo continuo y no por regiones administrativas- porque no reflejan la realidad actual de este cauce principal, lastrando la posibilidad de actuar preventivamente con los instrumentos de planificación hidrológica.

La ley de aguas de 1985 y sus sucesivos planes hidrológicos de cuenca, la Directiva Marco de Aguas y su trasposición al ordenamiento jurídico nacional de 2003 (MITECO, 2020), así como las diferentes declaraciones de espacios protegidos a lo largo en varios tramos de ribera por parte de las comunidades autónomas, no ofrecen una conservación efectiva de las comunidades piscícolas nativas del río Ebro ni han frenado su deterioro, porque 25 de las 27 especies consideradas tiene poblaciones en regresión (Doadrio *et al.*, 2011; Aparicio *et al.*, 2016). Y, actualmente, este eje principal, el río Ebro, no ejerce con plenitud su función de conector biológico ininterrum-

vido comunicando los diferentes subsistemas fluviales y se ha convertido en un factor potencial importante en la fragmentación de las poblaciones piscícolas de su cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, M.; Antor, R.; Elbaile, E.; Gil, J. A.; Gómez, N.; Goñi, D.; Guzmán, D.; Jato, R.; Lorente, L.; Pelayo, E.; Puente, J. Sampietro, F. J.; Sánchez, J. M.; Zapater, M. (2007). *Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón. Fauna*. Gobierno de Aragón, Zaragoza, 1-383.
- Almaça, C. y Elvira, B. (2000). Past and present distribution of *Acipenser sturio* L., 1758 on the Iberian Peninsula. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 16, 11-16.
- Alonso, C., Gortázar, J., García de Jalón, D. (2017). Trucha Común – *Salmo trutta*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles* (Sanz, J. J. y Elvira, B., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- Álvarez, J. (1980). Ictiología de los ríos navarros. En: *Navarra, guía ecológica y paisajística* (Elósegui, J.; Guerendiáin, P.; Pérez, F.; Redón, F.). Caja de Ahorros de Navarra, Pamplona, 339-363.
- Álvarez, J. (2005). *Vertebrados continentales del País Vasco*. <http://www.nekanet.net/Naturaleza/especies/fauna>.
- Álvarez, J.; Bea, A.; Faus, J. M.; Castián, E.; Mendiola, I. (1985). *Atlas de los vertebrados continentales de Álava, Vizcaya y Guipúzcoa*. Gobierno Vasco, Vitoria, 1-336.
- Alonso, C. (2009). *Memoria del Plan de ordenación piscícola de La Rioja: planes hidrobiológicos. Addenda. Planificación de la pesca de no salmónidos*. Gobierno de La Rioja, Logroño, 1-60.
- Amat-Trigo, F. (2015). Gobio – *Gobio lozanoi*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles* (Salvador, A.; Elvira, B., ed.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>.
- Anónimo. (1952). Las colecciones de peces de la Sección de Biología de las Aguas Continentales. *Publicaciones del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias*, 63, 1-136.
- Anónimo. (1999). *Memoria informativa del Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza*. Ayto. de Zaragoza. Zaragoza, 1-8.
- Anónimo. (2007a). DECRETO 89/2007, de 8 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba definitivamente el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de los Sotos y Galachos del río Ebro (Tramo Zaragoza-Escatrón). *B.O.A.*, 75, 10174-10246.
- Anónimo. (2007b). ORDEN FORAL 339/07 de 18 de abril por la que se aprueba el Plan de Gestión del pez “Zaparda” (*Squalius pyrenaicus*). http://www.araba.eus/botha/Busquedas/Resultado.aspx?File=Boletines/2007/058/2007_058_03014_C.xml>hl=

- Anónimo. (2007c). ORDEN FORAL nº 340/07 de 18 de abril por la que se aprueba el Plan de Gestión del pez “Lamprehuela” (*Cobitis calderoni*), como especie en peligro de extinción y cuya protección exige medidas específicas. http://www.araba.eus/botha/Boletines/2007/057/2007_057_03015.pdf.
- Anónimo. (2014). *Designación de la Zona Especial de Conservación ES2110008 río Ebro/Ebro ibaia. Documento de información ecológica y objetivos de conservación*. Gobierno Vasco, Vitoria, 1-60.
- Anónimo. (2015). *Designación de la Zona Especial de Conservación ES2110008 río Ebro/Ebro ibaia. Documento de directrices y medidas de gestión*. Gobierno Vasco, Vitoria, 1-57.
- Anónimo. (2016). *Bases técnicas para el plan de gestión del Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) ES22000040 “Río Ebro” Diagnósis (Junio 2016)*. Gobierno de Navarra, Pamplona, 1-88.
- Anónimo. (2020). Visor IDECyL. *Tramos de pesca 2020*. Junta de Castilla y León. <https://idecyl.jcyl.es/vcig/>.
- Anónimo. (2022). <http://diccionario.sensagent.com/Río%20Híjar/es-es/>
- Aparicio, E.; Vargas, M.J.; Olmo, J.M.; de Sostoa, A. (2000). Decline of native freshwater fishes in a Mediterranean watershed on the Iberian Peninsula: a quantitative assessment. *Environmental Biology of Fishes*, 59, 11–19.
- Aparicio, E.; Alcaraz, C.; Carmona-Catot, G.; García-Berthou, E.; Pou-robira, Q.; Rocaspana, R.; Vargas, M.J.; Vinyoles, D. (2016). *Peixos continentals de Catalunya. Ecologia, conservació i guia d'identificació*. Edicions Lynx, Barcelona, 1-251.
- Arias, A. M. y de la Torre, M. (2019). ICTIO.TERM. <http://www.ictioterm.es>
- Asensio, R.; Pinedo, J.; Markina, F. (1996). Revisión biogeográfica de la fauna piscícola del Territorio Histórico de Álava. *Est. Mus. Cienc. Nat. de Álava*, 10-11, 305-318.
- Asensio, R. y Doadrio, I. (2004). Sobre la presencia de la zaparda, *Squalius pyrenaicus* (Günther, 1868), (Actynopterigii, Cyprinidae), en Álava (cuenca del río Ebro). *Munibe*, 55, 243-258.
- Asensio, R. (2007). *Revisión de la distribución biogeográfica de las cuatro especies de peces de vertiente mediterránea incluidos en el Catálogo vasco de especies amenazadas: blenio de río, zaparda, lamprehuela y barbo colirrojo*. Gobierno Vasco, Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Vitoria, 1-72.
- Asso, I. (1801). Introducción a la ichthyología oriental de España. *Anales de Ciencias Naturales*, 4 (10), 28-52.
- Bayona, E. (2020). El Ebro entra en modo Mar Menor por la contaminación del sector agrario. <https://www.publico.es/sociedad/ebro-entra-mar-menor-contaminacion-sector-agrario.html> 2/4.
- Bea, A. (1999). *Vertebrados amenazados del País Vasco*. Gobierno Vasco, Vitoria, 1-317.

- Bent, J. y Preben, D. (1975). *Los peces de agua dulce de España y de Europa*. Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1-232.
- Bernat, Y.; Arqued, V. M.; Marguelí, M.; García, M.A. (2000). Ictiofauna dulceacuícola de los ríos de la cuenca del Ebro. *Naturaleza Aragonesa*, 6, 62-79.
- Boquera, M. y Quiroga, V. (2001). *De la Saboga al silur. Pescadors fluvials de l'Ebre a Tivenys*. Departament de Cultura, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 1-141.
- Bruno, S. y Maugeri, S. (1995). *Peces de agua dulce de Europa*. Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1-209.
- Caiola, N. (2017). Samaruc-Valencia hispanica. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles* (Sanz, J.J.; Oliva Paterna. F.J., ed.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, <http://www.vertebradosibericos.org/>
- Callejo, A. y Delibes, M. (1987). Dieta de la nutria *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) en la cuenca del alto Ebro, norte de España. *Misc. Zool.*, 11, 353-362.
- Cano-Barbacil, C.; Radinger, J.; García-Berthou, E. (2022). The importance of seawater tolerance and native status in mediating the distribution of inland fishes. *Journal of Biogeography*, 49(11), 2037-2049.
- CERM y LINKit consult y WWC. (2009). *Asistencia técnica para el estudio de propuestas de mejora de la conectividad para los peces en la parte baja del río Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza, 1-44.
- CERM. (2018). *Avaluació de les problemàtiques associades a les migracions reproductives de l'anguil·la europea (Anguilla anguilla), la saboga (Alosa fallax) i l'esturió europeu (Acipenser sturio) al tram final de l'ebre per sistemes de marcatge i seguiment*. <http://mon.uvic.cat/cerm>
- CHE. (2016). Red de Control de Sustancias Peligrosas. <http://www.chebro.es>
- CHE. (2018). Red de Control de Sustancias Peligrosas. <http://www.chebro.es>
- CHE. (2019). <http://www.chebro.es>
- Cisternas, R. (1867). *Catálogo de los peces comestibles que se crían en las costas españolas del Mediterráneo y en los ríos y lagos de la provincia de Valencia*. Valencia, 1-73.
- Clavero, M. (2022). La anguila: el animal más misterioso podría extinguirse antes de que logremos entenderlo. *The Conversation* <https://theconversation.com/la-anguila-el-animales-mas-misterioso-podria-extinguirse-antes-de-que-logremos-entenderlo-194204>
- Crivelli, A.J. (2006). *Salarias fluviatilis*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2006:e.T60764A12407160. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T60764A12407160.en>
- Crivelli, A.J. (2006b). *Barbus baasi*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2006: e.T2578A9457709. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T2578A9457709.en>

- Crivelli, A.J. (2017). *Achondrostoma arcasii* (amended version of 2006 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species 2017*: e.T61192A115975388. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-2.RLTS.T61192A115975388.en>
- Da Rocha-Mota, M. F. (2014). Biology and ecology of the allis shad, *Alosa alosa* (Linnaeus, 1758), in the Minho river. Tese de doutoramento em Ciências do Mar e do Ambiente Especialidade em Planeamento e Gestão Ambiental. Universidade do Porto, 1-177.
- De Buen, F. (1930). Notas sobre la fauna ictiológica de nuestras aguas dulces. *Publicaciones del Instituto Español de Oceanografía. Notas y Resúmenes*, Serie II, Número 46, 1-62.
- Demestre, M.; Roig, A.; Sostoa, A.; Sostoa, F.J. (1977). Contribució a l'estudi de la ictiofauna continental del delta de l'Ebre. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 8, 145-226.
- Díaz-Luna, J.L. y Gómez-Caruana, F. (1985). A la sobra de la minitalla. El gobio de río. *Trofeo*, 182, 54-55.
- Díaz-Luna, J.L.; Gómez-Caruana, F. (1991). Los peces fluviales endémicos de la Península Ibérica. *Vida silvestre*, 70, 24-30.
- Doadrio, I. (1981). Primeros datos sobre la distribución de *Cobitis calderoni* Bacescu, 1961 (Pisces, Cobitidae) en la península Ibérica. *Doñana, Acta Vertebrata*, 8, 291-293.
- Doadrio, I. (1984). *Relaciones filogenéticas y biogeográficas de los barbos (Barbus, Cyprinidae) de la Península Ibérica y aportes corológicos y biogeográficos a su ictiofauna continental*. Tesis Doctoral. Publ. Univ. Compl. Madrid, 1-1.146.
- Doadrio, I. (1986). Nuevas localidades de *Noemacheilus barbatulus* (L., 1758) (Ostariophysi, Hoamlopteridae) en España. *Miscelánea Zoológica*, 10, 391-392.
- Doadrio, I. (1989). Catálogo de los peces de agua dulce del Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid, 1-72.
- Doadrio, I. (ed.). (2002). *Atlas y Libro Rojo de los peces continentales de España*. Ministerio de Medio Ambiente y CSIC. Madrid, 1-364.
- Doadrio, I. y Elvira, B. (1986). Sobre la distribución del *Gobio gobio* (L., 1758) (Ostariophysi, Ciprinidae) en España. *Doñana, Acta Vertebrata*, 13, 165-166.
- Doadrio, I.; Elvira, B.; Bernat, Y. (eds.). (1991). *Peces continentales españoles. Inventario y clasificación de zonas fluviales*. Colección Técnica. ICONA, Madrid, 1-221.
- Doadrio, I.; Elvira, B.; Garzón, P. (1988). Revisión taxonómica y distribución de *Cobitis maroccana* Pellegrin, 1929 (Osteichthyes, Cobitidae). *Doñana, Acta Vertebrata*, 15 (1), 156-161.

- Doadrio, I. y Madeira, M.J. (2004). A new species of the genus *Gobio* Cuvier, 1816 (Actinopterygii, Cyprinidae) from the Iberian Peninsula and south-western France. *Graellsia*, 6 (1), 107-116.
- Doadrio, I.; Perea, S.; Garzón-Heydt, P.; González, J.L. (2011). Ictiofauna continental española. Bases para su seguimiento. DG Medio Natural y Política Forestal. MARM. Madrid, 1-616.
- Durán, C. (co.). (2009). Guía de campo Peces de la cuenca del Ebro. CHE. Zaragoza, 1-50.
- Ecologistas en Acción. (2016). El peligro de un Ebro estrogenizado. <https://www.ecologistasenaccion.org/31530/el-peligro-de-un-ebro-estrogenizado/>
- Elso, J. (2020). *Salaria fluviatilis*. Gobierno de Navarra. https://gobiernoabierto.navarra.es/sites/default/files/ficha_-_salaria_fluviatilis.pdf
- Elvira, B. (1990). Iberian endemic freshwater fishes and their conservation status in Spain. *Journal of Fish Biology*, 37 (Supplement A), 231-232.
- Elvira, B. (1995a). Conservation status of endemic freshwater fish in Spain. *Biological Conservation*, 72, 129-136.
- Elvira, B. (1995b). Native and exotic freshwater fishes in Spanish river basins. *Freshwater Biology*, 33, 103-108.
- Elvira, B.; Almodóvar, A. (2006). Los peces continentales del Mediterráneo al borde de la extinción. *Trofeo Pesca*, 149, 180-181.
- Elvira, B.; Almodóvar, A.; Lobón-Cerviá, J. (1991). Recorded distribution of sturgeon (*Acipenser sturio* L., 1758) in the Iberian Peninsula and actual status in Spanish waters. *Archiv für Hydrobiologie*, 121, 253-258.
- Elvira, B.; Nicola, G. G.; Almodóvar, A.; Doadrio, I.; Perdices, A.; Velasco, J. C. (1995). *Impacto de las obras hidráulicas en la ictiofauna y análisis de viabilidad de algunas medidas correctoras. Memoria final*. Convenio ICONA-Universidad Complutense, Madrid, 1-298.
- Elvira, B.; Almodóvar, A.; Nicola, G. G. (2003). *Caracterización y estado de conservación de las poblaciones de pez fraile (Salarias fluviatilis) en la Comunidad Autónoma de La Rioja*. Gobierno de La Rioja. Logroño, 1-247.
- Elvira, B.; Almodóvar, A.; Parra, I.; Ayllón, D.; Aguilar, C. M.; Lopo, L. (2012). *Monitorización de la población del pez fraile (Salarias fluviatilis) en La Rioja y propuesta de Plan de Recuperación*. Gobierno de La Rioja. Logroño, 1-62.
- Fernández, C.; San Miguel, E.; Amaro, R.; Hermida, M. (2017). Espinoso – *Gasterosteus aculeatus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. (Sanz, J. J. y Oliva Paterna, F. J., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>

- Ferrer, X. y Font, X. (2018). VerteCAT: Banco de datos de vertebrados de Cataluña. Banc de dades de biodiversitat de Catalunya. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/k7okvx> accessed via GBIF.org on 2022-07-11. <https://www.gbif.org/occurrence/1287268470>
- Freyhof, J. y Kottelat, M. (2008^a). *Alosa fallax*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2008:e.T904A13092303. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T904A13092303.en>
- Freyhof, J. y Kottelat, M. (2008^b). *Alosa alosa*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2008: e.T903A13091343. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T903A13091343.en>
- Freyhof, J. y Kottelat, M. (2008^c). *Barbatula quignardi*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2008: e.T135541A4141357. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T135541A4141357.en>
- Freyhof, J. y Kottelat, M. (2008^d). *Gobio lozanoi*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2008: e.T135677A4177818. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T135677A4177818.en>
- García de Jalón, D.; Prieto, G.; Hervella, F. (1989). *Peces ibéricos de agua dulce*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 1-110.
- García, J.M. (1993). *Peces, ríos y embalses de La Rioja y su pesca deportiva*. F.R.E.C.A. Calahorra, 1-167.
- García, J.M. (2013). *El último madrillero del Ebro*. Como puños. <http://blogs.larioja.com/insolencias/2013/03/22/el-ultimo-madrillero-del-ebro>
- García, J.M. y Pérez, L.J. (1998). El pez fraile en el tramo riojano del Ebro. *Quercus*, 151, 36-40.
- GBIF-ES. (2020). www.gbif.es.
- Graells, M. P. (1864). *Manual práctico de Piscicultura, o prontuario para servir de guía al piscicultor en España*. Casa Real, Madrid, 1-264.
- Gómez-Caruana, S. y Díaz-Luna, J.L. (1991). *Guía de los peces continentales de la península Ibérica*. Ediciones Acción Divulgativa, Madrid, 1-399.
- Gómez-Juaristi, M. y Salvador, A. (2011). Anguila – *Anguilla anguilla*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. (Salvador, A. y Elvira, B., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, <http://www.vertebradosibericos.org>.
- Housing y Fishing-JB. (2016). *La pesca de lubinas a jigging en el Delta del Ebro*. <http://housingandfishingjb.com/>
- IH Cantabria. (2016). Evaluación del estado de conservación de las especies. Especie 1127 *Rutilus arcasii*. <https://rednatura2000cantabria.ihcantabria.com>
- Kottelat, M., (2007). Three new species of *Phoxinus* from Greece and southern France (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyol. Explor. Freshwat*, 18(2),145-162.

- Kottelat, M. y Freyhof, J. (2007). *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, 1-646.
- Leunda, P. M.; Miranda, R.; Oscoz, J. (2010). Piscardo – *Pboxinus bigerri*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. (Salvador, A. y Elvira, B., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- Lloris, D. (2015). *Ictiofauna marina. Manual de identificación de los peces marinos de la península Ibérica y Baleares*. Ediciones Omega, Barcelona, 1-674.
- Lobón-Cerviá, J.; Montañés, C.; de Sostoa, A. (1991). Influence of environment upon the life history of gudgeon, *Gobio gobio* (L.): a recent and succesful colonizer of the Iberian Peninsula. *Journal of Fish Biology*, 39(3), 285-300.
- López, V.; Franch, N.; Pou, Q.; Clavero, M.; Gaya, N.; Queral, J.M. (2012). *Atlas dels peixos del delta de l'Ebre*. Col·lecció tècnica, 3. Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Parc Natural del Delta de l'Ebre, Barcelona, 1-224.
- Lozano-Cabo, F. (1964). *Los peces de las aguas continentales españolas*. Ministerio de Agricultura. Servicio Nacional de Pesca Fluvial y Caza, Madrid, 1-337.
- Lozano-Rey, L. (1919). Los peces de la fauna ibérica en la colección del museo en 1 de enero de 1919. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie Zoológica*. Madrid, 39, 1-112.
- Lozano-Rey, L. (1935). Los peces fluviales de España. *Mems. R. Acad. Cienc. exact. fis. nat.*, (Ser. Ciencias naturales). Madrid, 1-387.
- Madeira, M.J.; Gómez-Moliner, B.; Doadrio, I. (2005). Genetic characterization of *Gobio gobio* populations of the Iberian Peninsula based on cytochrome-b sequences. *Folia Zoologica*, 54 (Suppl. 1), 5-12.
- Madoz, P. (1945). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar*. Madrid. 16 v.
- Magaña, M.J. (co.). (1999). *Hiberus flumen. El río Ebro y la vida*. Ibercaja y Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza, 1-533.
- Marcuello, J.R. (1995). *El Ebro de punta a punta*. Guías de la naturaleza 1. IberCaja, Zaragoza, 1-155.
- Martín, C.M. (2006). *Peces de Castilla y León*. Ediciones Cálamo, Palencia, 1-269.
- Migratoebre. (2014). <https://www.migratoebre.eu>
- Miranda, R.; Leunda, P.M.; Escala, C.; Oscoz, J. (2005). Threatened fishes of the world: *Barbus baasi* (Mertens 1925) (Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes*, 72, 282.
- MITECO. (2020). <https://www.miteco.gob.es/es/agua>

- Molinet-Coll, V. (2007). *Restauració del Delta de l'Ebre 1. Recuperació de la configuració del Delta de l'Ebre*. Tesina. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona, Barcelona, 1-104.
- Monteoliva, A.; Alonso, G.; Criado, A. (2010). *Estudio censal de las comunidades de peces en los embalses de Eugi, Irabia y Ebro. Tomo 3. Embalse del Ebro*. CHE, Zaragoza, 1-58.
- Monteoliva, A.; Alonso, G.; Criado, A. (2011). *Estudio de la población piscícola en tres embalses de la cuenca del Ebro, en cumplimiento de la DMA para la determinación del potencial ecológico. Tomo 3. Embalse de Sobrón*. CHE, Zaragoza, 1-49.
- Moreno-Amich, R.; Planelles, M.; Fernández-Delgado, C.; García-Berthou, E. (1999). Distribución Geográfica de los ciprinodontiformes en la Península ibérica. En: *Peces Ciprinodóntidos Ibéricos: Fartet y Samaruc*. Generalitat Valenciana. Coord: M. Planelles. Monografía, 33-57.
- Muus, B.J. y Dahlström, P. (1975). *Los peces de agua dulce de España y de Europa*. Ediciones Omega, Barcelona, 1-232.
- Nachón, D.J.; Vieira, R.; Cobo, F. (2019). Saboga – *Alosa fallax*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. (López, P.; Martín, J.; Cobo, F., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, <http://www.vertebradosibericos.org/>.
- Ollero, A. (2002). Ecogeografía del río Ebro. En: *Ríos y ciudades: aportaciones para la recuperación de los ríos y riberas de Zaragoza*. Pablo de Cal Nicolás, Francisco Pellicer Corellano (co.). Zaragoza, 135-158.
- Ollero, A. (2007). *Territorio fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes*. Bakeaz y Fundación Nueva Cultura del Agua, Bilbao, 1-255.
- Ordeix, M.; Sostoa, A.; Maceda, A.; García-Berthou, E.; Benejam, L.; Casals, F.; Caiola, N.; Ibàñez, C.; Sellarès, N.; Pou-Rovira, G.; Rodríguez-Labajos, B.; Solà, C.; Bardina, M.; Casamitjana, A.; Munné, A. (2014). *Els peixos dels rius i les zones humides de Catalunya. Qualitat biològica i connexivitat fluvial*. Agència Catalana de l'Aigua - Museu del Ter - Eumo Editorial, Vic, 1-172.
- Pardo, L. (1945). Diccionario de Ictiología, Piscicultura y Pesca Fluvial. *Biología de Aguas Continentales IV*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid, 1-321.
- Pedrocchi, C.; Lantero, J.M. (co.). (1986). *Enciclopedia Temática de Aragón. Vol 2: Fauna*. Ed. Moncayo, Zaragoza, 1-307.
- Perdices, A. (2013). Lamprehuela – *Cobitis calderoni*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. (Salvador, A. y Elvira, B., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>.

- Perea, S.; Garzón, P.; González, J.L.; Almada, V.C.; Pereira, A.; Doadrio, I. (2011). New distribution data on Spanish autochthonous species of freshwater fish. *Graellsia*, 67(1), 91-102.
- Pérez-Arcas, L. (1921). Ictiología Ibérica, o sea Catálogo de los peces marinos y de agua dulce que habitan o frecuentan las costas de la Península ibérica. *Rev. Real Acad. Cienc. Exac. Fís. y Nat.*, Tomo XIX, 24-544.
- Quesada-Lara, J. y Agulló-Villaronga, J. (2022). Museu de Ciències Naturals de Barcelona: MCNB-Cord. Museu de Ciències Naturals de Barcelona. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/yta7zj> accessed via GBIF.org on 2022-07-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1257420765>
- Quignard, J.P. y Douchement, C. (1991). *Alosa alosa* (Linnaeus 1758). En: *The freshwater fishes of Europe. Vol. 2. Clupeidae, Anguillidae*. AULA-Verlag. H. Hoestlandt (ed.), Wiesbaden, 89-126.
- Ruiz-Navarro, A. y Oliva-Paterna, F. J. (2017). Fartet – *Aphanius iberus*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. (Sanz, J. J. y Oliva Paterna, F. J., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- Sáiz-Villoria, J., Sánchez-Cobo, M., Fombellida-Díez, I., Herrero-Calva, A., Sánchez, A. (2010). Vertebrados continentales de Cantabria. *Locustella*, 1, 7-8.
- Salvador, A. (2017). Fraile – *Salaria fluviatilis*. En: *Enciclopedia virtual de los Vertebrados Españoles*. (Sanz, J. J. y Oliva Paterna, F. J., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- Salvador, A. (2012). Esturión – *Acipenser sturio*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. (Salvador, A. y Elvira, B., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- Sánchez-Carmona, R. (2017). Colmilleja – *Cobitis paludica*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. (Sanz, J. J. y Oliva Paterna, F. J., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- Sánchez-Pérez, A. y Zamora-Marín, J.M. (2021). Cacho – *Squalius pyrenaeus*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. (López, P.; Martín, J.; Torralva, M., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- SIBIC. (2017). *Carta Piscícola Española*. Publicación electrónica (versión 02/2017). <https://www.sibic.org/carta-piscicola-espanola>
- Silva, S., Barca, S., Vieira-Lanero, R., Cobo, F. (2019). Lamprea marina – *Petromyzon marinus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. (López, P.; Martín, J.; Cobo, F., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>

- Radinger, J., Alcaraz-Hernández, J.D., García-Berthou, E. (2019). Environmental filtering governs the spatial distribution of alien fishes in a large, human-impacted Mediterranean river. *Diversity and Distributions*, 25(5), 701-714.
- Radinger, J., y García-Berthou, E. (2020). The role of connectivity in the interplay between climate change and the spread of alien fish in a large Mediterranean river. *Global change biology*, 26(11), 6383-6398.
- Soler-Vilaplana, P.M. (2020). Efectos de la contaminación sobre la biología y el comportamiento de dos ciprínidos autóctonos de la península ibérica. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, 1-175.
- Sostoa, A. de y Sostoa, F.J. de. (1979). Notas sobre la ictiofauna continental del Delta del Ebro (NE de la Península Ibérica). *Misc. Zool.*, 5, 178-179.
- Steindachner, F. (1866). Ichthyologischer bericht über eine nach Spanien und Portugal unternommene reise. Über die fische des Ebro und der flüsse bei Bilbao. *Sber. Akad. Wiss. Wien.*, 53, 198-205.
- Tola, J. y Infiesta, E. (2002). *Peces continentales de la Península Ibérica*. Ediciones Jaguar, Madrid, 1-215.
- Velasco, J.C.; Lizana, A.; Román, J.; Delibes, M.; Fernández, J. (2005). *Guía de los Peces, Anfibios, Reptiles y Mamíferos de Catilla y León*. Náyade Editorial, Valladolid, 1-272.
- Verdiell, D. (2011). Barbo colirrojo – *Barbus haasi*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. (Salvador, A. y Elvira, B., eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- WWF. (2020). *Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss*. (Almond, R.E.A., Grooten, M. and Petersen, T., eds). WWF, Gland, Switzerland, 1-164.
- Zaldívar, C. (1994). Atlas de distribución de los peces de la Comunidad Autónoma de La Rioja. *Zubía monográfico*, 6, 71-102.
- Zaldívar, C. (2006). *Guía de los Peces de La Rioja*. Gobierno de La Rioja, Logroño, 1-200.
- Zaldívar, C. (2010). Los peces de La Rioja o la historia interminable. *Belezos*, 14, 50-59.
- Zapater, M. y Blanco, J.L. (2010). *Los peces de Aragón*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza, 1-145.

NUEVAS OBSERVACIONES (PISADAS Y MARCAS DE NATACIÓN DE DINOSAURIOS) EN EL YACIMIENTO DE LA CELA (MURO EN CAMEROS, LA RIOJA, ESPAÑA)

ESPERANZA GARCÍA-ORTIZ
FÉLIX PÉREZ-LORENTE ¹

RESUMEN

La Cuenca de Cameros es uno de los territorios más prolíficos para el estudio de huellas de dinosaurios a nivel mundial. En la última década se han seguido publicando trabajos, con nuevos hallazgos y se han defendido varias tesis doctorales, lo que ha supuesto la revisión en profundidad del territorio. En este trabajo se muestran los nuevos hallazgos resultantes de la revisión del yacimiento conocido como La Cela, situado en el municipio de Muro en Cameros. En este lugar se han documentado nuevas huellas de diferentes icnotipos y marcas de natación en afloramientos pertenecientes al grupo Oncala, siendo las primeras marcas de natación encontradas en este nivel litoestratigráfico.

Palabras Clave: *Cameros, comportamiento, dinosaurios, icnitas, natación. Cretácico Inferior.*

The Cameros Basin (Northern Spain) is one of the most prolific places in the world to study dinosaur footprints. During the last decade, works have continued to be published, with new findings and different PhD investigations carried out, which has meant an in-depth review of the territory. This paper shows the new findings resulting from the review of the site known as La Cela, located in the town of Muro en Cameros. In this place, new traces of different ichnotypes and swimming marks have been documented in outcrops belonging to the Oncala group, being the first swimming marks found at this lithostratigraphic level.

Keywords: Cameros, behaviour, dinosaurs, ichnites, swimming, Lower Cretaceous.

1. Universidad de La Rioja, Edificio CT, Madre de Dios 53, C.P. 26006 Logroño (La Rioja). España. felix.perez@unirioja.es

1. INTRODUCCIÓN

Durante los trabajos de prospección y revisión de los afloramientos de La Rioja para la tesis doctoral de uno de los firmantes de este trabajo (García Ortiz de Landaluze, 2016), se documentaron nuevos hallazgos en el yacimiento de La Cela (Muro en Cameros). Además de lo que supone añadir nuevos datos al inventario de yacimientos de La Rioja, este punto tiene interés en el sentido de que contiene marcas de deslizamiento de elementos autopodiales (uñas y/o dedos) que hemos atribuido a marcas de natación. Al mismo tiempo que se realizó la toma de datos del afloramiento citado, se amplió la zona de prospección y se descubrieron nuevos puntos con huellas en el mismo entorno.

Parte de los afloramientos ya estaban estudiados (Casanovas et al., 1995; García Ortiz de Landaluze, 2016). Durante la revisión del yacimiento de La Cela (afloramientos de LACA, LACB, LACC y LACD) se observó que:

I) algunas de las pisadas ya descritas en la primera publicación estaban muy erosionadas,

II) otras (parte inferior de LACA y de LACC) estaban cubiertas por derrubios,

III) en LACB se detectaron cierto número de huellas nuevas que se señalan en la cartografía del afloramiento y se describen en el texto.

IV) se encontraron nuevos afloramientos con icnitas que hemos llamado LACE, LACF y LACG.

Los nuevos afloramientos (LACE, LACF y LACG) están en el techo del mismo paquete carbonatado que LACA, LACB y LACC. LACD no se ha incluido en este estudio debido a su ubicación en materiales silíceos, probablemente pertenecientes a una unidad litostratigráfica más moderna (Grupo de Urbión) que la del resto de yacimientos citados.

Las huellas nuevas incluyen marcas terópodos, ornitópodos, saurópodos, huellas “de natación” y marcas no identificadas. Las aportaciones que se destacan son las de las huellas saurópodos y las marcas subacuáticas.

1.1. Antecedentes

En La Cela están tres de las cuatro rastrilladas saurópodos del Grupo de Oncala de La Rioja, y es el cuarto yacimiento de La Rioja con icnitas subacuáticas de dinosaurio. Los otros dos yacimientos con huellas saurópodos halladas en el Grupo de Oncala son el conjunto caótico de huellas de Soto 2 (Casanovas et al., 1992) y el par mano-pie del yacimiento del Corral de Zorraquín (Requeta Loza et al., 2022). Pérez-Lorente (2015) apunta la posibilidad de que un conjunto de icnitas del yacimiento de La Virgen del Prado (Grupo de Oncala) también pudieran ser saurópodos.

Por otro lado, hasta ahora hay descritas en La Rioja huellas de natación de dinosaurios en tres yacimientos: El Villar Poyales (Casanovas et al., 1993), La Virgen del Campo (varios autores, ver más adelante el apartado 5)

y Laguna de Cameros (Navarro-Lorbés, 2023; Navarro-Lorbés et al., 2023), en los que se describían tres secuencias con huellas de natación, cada una de ellas dejada por un solo autor, aunque alguna de las secuencias contiene morfotipos diferentes. Además de huellas subacuáticas de dinosaurios, en La Rioja se han citado también de otros tetrápodos como tortugas en el yacimiento de Los Cayos (Moratalla, 1993; Moratalla y Hernán, 2005; 2009) y de cocodrilos en el yacimiento 4LVC (Ezquerria y Pérez-Lorente, 2003; Pérez-Lorente, 2015).

Para valorar el estudio de las marcas de natación y la importancia de los yacimientos de La Rioja, detallamos los descriptos mostrando sus datos más interesantes, algunos de ellos todavía inéditos.

2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

La Cela es un paraje situado en el término municipal de Muro en Cameros (La Rioja). El conjunto de icnitas de dinosaurio está en unos afloramientos rocosos de una ladera con abundantes derrubios y poblada por matorral (Figura 1).

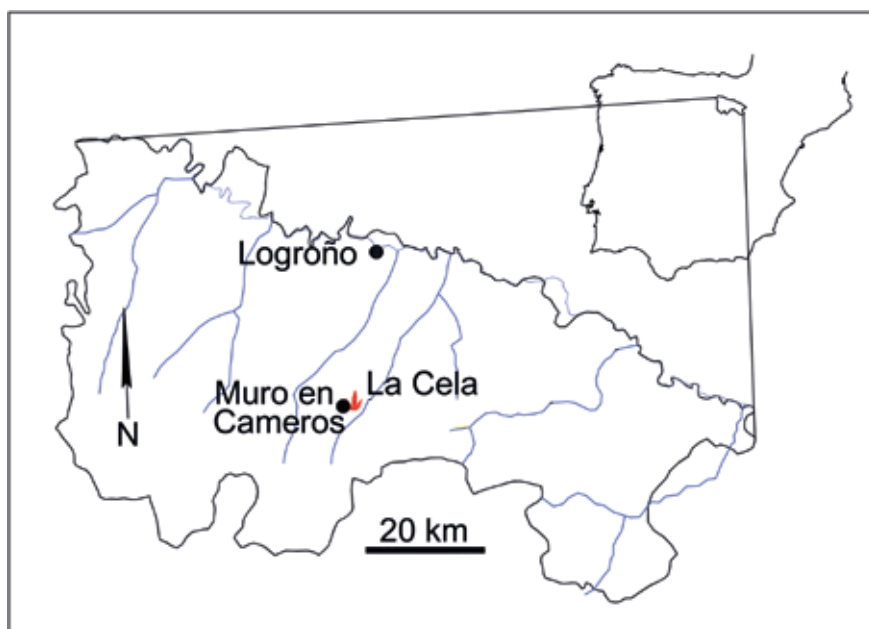


Figura 1. Localización de LACE. Referencia a la Península Ibérica y a La Rioja.

Las coordenadas UTM de los afloramientos (según Google Earth) Huso 30T, son las siguientes: LACA, 540286e, 4674884N; LACB, 540321E, 4674898N; LACC, 540332E, 4674903N; LACE, 540332E, 467903N; LACF, 540372E, 4674907N; LACG, 540400E, 4674897N (Figura 2).



Figura 2. Situación de los afloramientos de LAC en rocas carbonatadas. Imagen de *Google Earth*. <https://earth.google.com/web/@0.-5.397.0a.22251752.77375665d.35y.0b.0t.0r>.

En la primera cartografía geológica del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (Hoja 241, Anguiano [Navarro et al., 1958]) el espacio que es la continuidad lateral de los niveles carbonatados en donde se encuentran las huellas, está dentro de la unidad de “calizas arenosas, areniscas” de edad Cretácico Wealdense (Navarro et al., 1958). Años más adelante (Figura 3), Hernández et al. (1990) sitúan el yacimiento en niveles calizos de la Unidad 16 o Unidad de Larriba (calizas arenosas, areniscas, limolitas y arcillas rojas y verdes) de edad Valanginiense. Inmediatamente encima de las rocas calcáreas del yacimiento, hay un paquete de areniscas y de pizarras silíceas, y sobre ellas los niveles de limolitas y arcillas rojas y verdes, indistinguibles de las de la unidad superior (Ciclo II, unidad 20). Los autores anteriores asociaron el Grupo de Urbión de Tischer (1966) con el ciclo II. Es posible que el contacto entre el Grupo de Oncala (calizas del yacimiento) y el Grupo de Urbión (areniscas y limolitas) se encuentre directamente sobre las calizas y como tal lo consideramos. Asumimos que el cambio que se aprecia en los afloramientos y el contacto neto entre los niveles de calizas con huellas (LACA, LACB, LACC, LACE, LACF, LACG) y el de los niveles superiores (un paquete métrico de areniscas [LACD] y limolitas arenosas relativamente resistentes a la erosión y los paquetes superiores de limolitas muy erosionables) sea el reflejo del paso entre los niveles carbonatados del Grupo de Oncala (con los yacimientos de LACA, LACB, LACC, LACE, LACF, LACG) al yacimiento de LACD en el grupo de Urbión (Doublet, 2004).

La última asignación de edad de las calizas de la Formación Leza Superior de Doublet (2004), correlacionable con los niveles carbonatados de La Cella, se puede deducir de las dataciones (Hauteriviense–Valanginiense, propia del Grupo de Oncala). hechas por Moreno-Azanza et al. (2016) en niveles detríticos por encima de ellas.

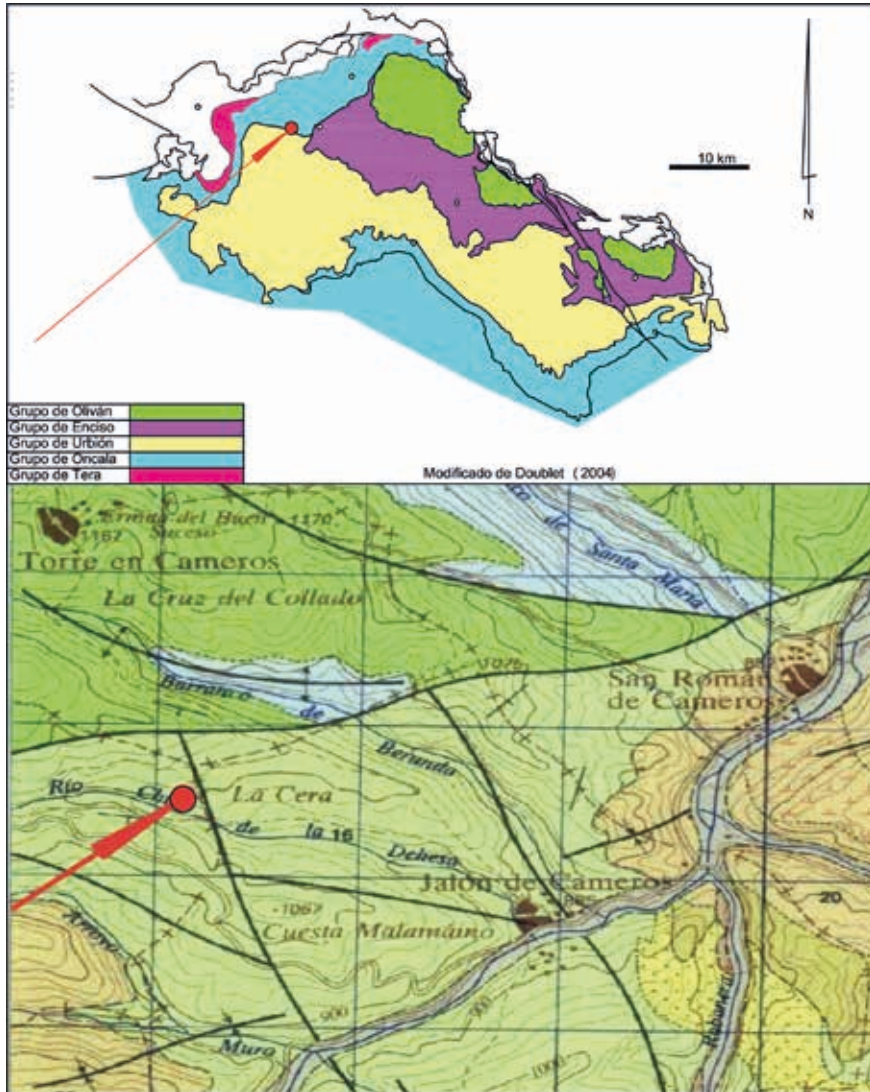


Figura 3. Situación de LAC en la cartografía geológica. Figura superior: en los grupos litostratigráficos (modificado de Doublet, 2004). Figura inferior: en las unidades litostratigráficas del Mapa Geológico de España 1:50.000 (Hernández et al., 1990).

3. MATERIAL Y MÉTODO

El método de trabajo seguido consiste en dibujar mallas con tiza sobre la superficie de estudio para hacer la reproducción a escala del contenido icnítico de los afloramientos. Así, se fotografían con cámaras digitales las huellas y los conjuntos, y en el laboratorio se elimina la distorsión de las fotografías de las icnitas y se dibujan los planos. Los programas utilizados son *Adobe Photoshop*, *Autocad*, *Agisoft*, *Meshlab* y *Paraview*.

La nomenclatura de las huellas sigue el método tradicional de nomenclatura empleado por nuestro equipo de investigación en trabajos anteriores (cf. Pérez-Lorente, 2015). Dado que el yacimiento en conjunto (estudiado por primera vez por Casanovas et al., 1995) se denominó “La Cela” y, que para distinguir afloramientos e icnitas se utilizó el acrónimo LAC, seguiremos el mismo procedimiento.

Hemos separado en este estudio dos tipos de huellas según que la impronta sea de:

- i) toda la suela del autopodio, o huellas de marcha.
- ii) las puntas de los dedos (almohadillas distales o uñas) en las que, en la interacción entre el autopodio y el fondo, se deduce la influencia de la lámina de agua, o huellas subacuáticas.

3.1. Huellas de marcha

Tomando como referencia el trabajo de Casanovas et al. (1995), se mantienen también:

- i) los icnotipos en los que se clasificaron las icnitas (ornitópodos, terópodos) de los dinosaurios bípedos.
- ii) los tipos de huellas según sus estructuras (directas e indirectas).
- iii) la fidelidad de la reproducción (estampas, reales, calcos, subhuellas) de los caracteres anatómicos de los autopodios (Romero Molina et al., 2003; Requeta et al., 2006-2007; cf. Mínguez Ceniceros et al., 2022).

En este estudio consideramos que las variables que determinan la forma de las pisadas de animales que se desplazan dentro del agua son: la profundidad del agua/altura de las extremidades, el estado físico del barro del fondo y el tipo de desplazamiento. Distinguimos las propiedades físicas del sustrato tanto si está bajo el agua como si se encuentra en tierra firme, ya que la mayor parte de las huellas que estudiamos se han impreso en barro. Por las estructuras que se observan en las huellas distinguimos el barro según su viscosidad, coherencia y adherencia (cf. Pérez-Lorente, 2015). Todas las huellas de este yacimiento son actualmente poco profundas. A pesar de que actualmente sea así, hay icnitas en las que el pie penetró profundamente en el suelo ya que tienen la estructura ojival típica de salida de los dedos por la parte distal del eje de la huella, y con la parte proximal de la marca del dedo III totalmente colapsada (Gatesy et al., 1999). Es posible que, durante la formación de la huella, sobre todo cuando el pie abandona el suelo (Fase K de Thulborn y Wade [1989]), haya flujo de barro que llene casi totalmente el hueco de las pisadas de LAC.

3.2. Huellas subacuáticas

Como veremos más adelante la variación de las huellas de natación en La Rioja es muy grande y consideramos que tal variabilidad de formas hacen que su asignación icnotaxonómica sea poco práctica. Hay muchos trabajos

en los que diversos tipos de huellas impresos bajo el agua se conocen como “huellas de natación”. Para que se marquen esas huellas, según Thulborn (2017), las extremidades del animal flotante deben ser lo suficientemente largas para llegar al fondo, pero ni tan cortas como para nadar de manera convencional ni tan largas como para que la locomoción sea vadeando o caminando por el fondo. Lockley et al. (2010) consideran que son marcas de natación cuando el volumen de agua desalojado elimina una parte significativa del peso del cuerpo, o cuando la altura de agua impide la marcha normal del icnopoyeta.

En sentido estricto habría que considerar la natación a partir del momento en el que el animal no toca el fondo con sus pies. Si se considera la posición del animal en el agua es posible separar la natación de las demás formas de desplazamiento (el animal no toca el fondo), pero si se considera el impulso para que el animal se desplace resulta muy complicado establecer la diferencia ya que durante la natación la propulsión es mediante:

- la acción de los pies (y de otros elementos anatómicos) sin dependencia o interacción con el fondo (propulsión) o
- la acción de los pies sin dependencia pero con interacción con el fondo (roce con la punta de los dedos, sin apoyo de la suela del pie...).

Esto no tiene relación con que los icnopoyetas floten más o menos o incluso estén totalmente sumergidos.

En principio, la diferencia entre vadear y caminar por el fondo parece simple si se establece entre animales que apoyan la suela del pie pero no están totalmente sumergidos (vadear) y animales que la apoyan estando totalmente sumergidos (caminar por el fondo).

La separación es tan sutil entre las formas de desplazamiento y entre las icnitas generadas por los tetrápodos dentro del agua que consideramos huellas subacuáticas a todos los modelos posibles que se producen desde que se detecta en las huellas que el vertebrado hace menos presión sobre el suelo debido a que está dentro del agua. El desplazamiento de un icnopoyeta en una lámina de agua capaz de restarle peso del cuerpo se ha dividido en: caminar por el fondo, vadear y nadar. En los tres tipos de desplazamiento, la presión de los pies del icnopoyeta sobre la superficie de marcha cambia y es diferente a la del mismo animal cuando camina por tierra firme.

Los icnopoyetas tetrápodos disponen de dos formas diferentes de desplazamiento: una similar a la del desplazamiento andando sobre tierra firme (braceo alternativo y amblar) y otra nadando (braceo alternativo o en fase y movimiento ondulatorio del cuerpo y de la cola). El movimiento de las extremidades (los pies) lo podemos considerar similar al de la marcha (Thulborn y Wade, 1989) porque consta de la fase de propulsión (fases T y W) y fase de retracción (Fase K).

Los límites entre las posibilidades son totalmente ambiguos y el número de huellas que se pueden asociar en la secuencia dejada por un individuo en un yacimiento es en muchas ocasiones imposible de conocer (individuos

que interfieren, secuencias irregulares). A esto hay que sumar que el número de formas en que pueden combinarse es infinito.

Bajo nuestro punto de vista, la caracterización de icnogéneros subacuáticos de vertebrados es también compleja. Hay icnogéneros definidos por los caracteres de las marcas de los autopodios (*Characichnos* White y Romano 2001) mientras que otros lo están por la combinación de los caracteres de las huellas de los autópodos y de las rastrilladas que dejan (*Hachterichnus* Foster y Lockley 1997).

La natación además responde a dos tipos de mecánica diferente: activa, si el animal (extremidades u otras partes del cuerpo) proporciona el impulso, o pasiva, si el animal se mueve arrastrado por la corriente que a veces queda reflejada en las rastrilladas. Esta consideración nos lleva a introducir el papel de que el movimiento se produzca en agua estancada o en agua corriente. También hay secuencias impresas que indican que el desplazamiento es mixto si hay partes del cuerpo activas y otras que no lo son (por ejemplo: cuerpo, cola y extremidades).

La profundidad a la que introduce sus pies que dependerá de dos factores: la presión que ejercen los autópodos o sus partes, y la viscosidad del sustrato. En tierra firme la presión ejercida por los autopodios será igual en cada apoyo, mientras que en el desplazamiento subacuático la presión varía con la profundidad del agua.

Finalmente, un aspecto que influye en la forma de las huellas es la posición en que el pie se coloca sobre el suelo:

- i) con la suela totalmente apoyada y paralela a la superficie de marcha
- ii) con parte de la suela levantada y con los dedos apoyados en el suelo. Este apoyo puede ser con el eje de los dedos paralelos a la superficie de marcha, inclinados o perpendiculares.
- iii) con el anverso o el reverso de los dedos o de las uñas

Ante este cúmulo de variables, las clasificaciones icnotaxonómicas de las huellas subacuáticas presentan una dificultad añadida. Por tal razón, en este trabajo solo se enumeran las estructuras de las huellas subacuáticas de La Rioja y se explica cómo y porqué se formaron, así como su relación con las formas anatómicas de las extremidades de los posibles autores.

4. ICNOLOGÍA

4.1. Afloramientos ya conocidos en las rocas carbonatadas de La Cella (LACA, LACB, LACC)

4.1.1. LACA y LACC

Estos afloramientos mantienen el mismo número de huellas que se citan en el trabajo de Casanovas et al. (1995) y se sigue manteniendo la descripción hecha en esa publicación.

4.1.2. LACB

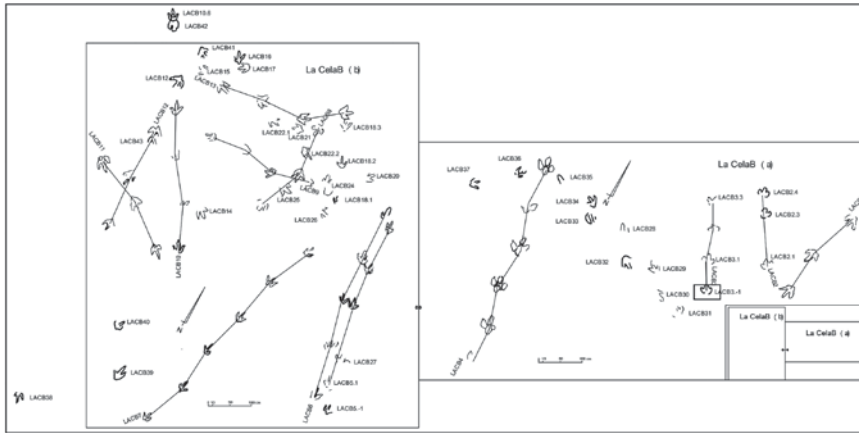


Figura 4. Yacimiento de LACB que incluye las huellas descubiertas en este trabajo.

En Casanovas et al. (1995) se contabilizaron en el afloramiento de La Cella B (LACB) 66 huellas, 45 de las cuales formaban parte de 12 rastrilladas, 2 huellas en un par y 17 huellas aisladas. Según los datos del trabajo había:

- 50 icnitas terópodos de las cuales 38 estaban asociadas en 10 rastrilladas y 7 eran huellas aisladas;
- 11 icnitas ornitópodos, 2 en un par y 9 en 2 rastrilladas,
- 10 huellas no identificadas.

Los añadidos y modificaciones que se han hecho en LACB (Figura 4) se indican a continuación (Tabla 1):

Tabla 1. Modificaciones de LACB respecto al trabajo de Casanovas et al. (1995).

Huellas nuevas	
En rastrilladas LACB2.3, LACB3.-1, LACB5.-1, LACB10.6, LACB12.-1, LACB18.1	
Aisladas: LACB32, LACB33, LACB34, LACB35, LACB36, LACB37, LACB38, LACB39, LACB40, LACB41, LACB42.	
La huella LACB43 estaba cartografiada pero no contabilizada.	
Huellas que pasan a formar parte de rastrilladas	
<u>Nombre antiguo</u>	<u>Asignación actual</u>
LACB27	LACB5.2
LACB19.-1, LACB19, LACB18	LACB18.1, LACB18.2, LACB18.3
LACB22, LACB23	LACB22.1, LACB22.2
LACB2.1, LACB2.2, LACB2.3	LACB2.-1, ----, LACB2.3, LACB2.4
LACB22, LACB23	LACB22.2, LACB22.1

- en ciertas rastrilladas se han añadido las siguientes huellas nuevas (LACB2.3, LACB3.-1, LACB5.-1, LACB10.6, LACB12.-1, LACB18.1);

- se han incorporado las huellas aisladas (LACB32, LACB33, LACB34, LACB35, LACB36, LACB37, LACB38, LACB39, LACB40, LACB41, LACB42) y se ha siglado una huella ya cartografiada pero no contabilizada (LACB43);
- la huella LACB27 pasa a LACB5.2 formando parte de la rastrillada LACB5;
- las huellas LACB18, LACB19 y LACB19.-1 forman una nueva rastrillada (LACB18);
- LACB22 y LACB23 pasan a formar un par de huellas;
- el par LACB2 pasa a ser una rastrillada incompleta con tres huellas (LACB2.1, ---, LACB2.3 y LACB2.4).
- cambian de nombre LACB18 (a LACB18.3), LACB19 (a LACB18.2), LACB27 (a LACB5.2), LACB22 (a LACB22.2), LACB23 (a LACB22.1).

El número actual de huellas ha aumentado y ahora se contabilizan 84 huellas en LACB. Los datos métricos y angulares de las nuevas huellas aisladas y de las rastrilladas y pares de huellas que se han modificado, se detallan en las tablas 1 y 2.

Tabla 2. Datos morfométricos (expresados en cm y en grados sexagesimales) de las icnitas de los afloramientos de La Cela (Muro en Cameros), de su velocidad de desplazamiento y de sus relaciones

Huella	I	a	P	z	Ar	Lr	Tipo	$\Pi^{\wedge III}$ $\wedge IV$	O	Ap	h	z/h	z/l	v ₁	v ₂	(I-a) /a	Ar/a
LACG12	26						t				128						
LACG11							t										
LACG10							ni										
LACG9							t										
LACG8	25	22					t	12-44			121					0.14	
LACG7	29	20					t				141					0.45	
LACG6							t										
LACG5							o										
LACG4							ni										
LACG3.2	31	22	95				t	27-25			155					0.41	
LACG3.1	26	24					t	7-42			128					0.08	
LACG2.2	41	32	103				t	32-39			202					0.28	
LACG2.1	22	27					t	24-58			91					-0.18	
LACG1.6m	14	22					s									-0.22	
LACG1.6p							s										
LACG1.5m	12						s										
LACG1.5p			99				s										

LACG1.3m							s										

NUEVAS OBSERVACIONES (PISADAS Y MARCAS DE NATACIÓN DE DINOSAURIOS)
EN EL YACIMIENTO DE LA CELA (MURO EN CAMEROS, LA RIOJA, ESPAÑA)

Huella	l	a	P	z	Ar	Lr	Tipo	II [^] III [^] IV [^]	O	Ap	h	z/h	z/l	v ₁	v ₂	(l-a) /a	Ar/a
LACG1.3p			103				s										
LACG1.2m	10						s										
LACG1.2p	35	33	94	183	19	70	s		0	136						0.06	0.6
LACG1.1m	15	20					s									-0,25	
LACG1.1p	36	32					s									0.06	
LACF19	28	23					t	12--43			141					0.22	
LACF18.2							t	23--29									
LACF18.1							t										
LACF17	26	19					t	23--32			132					0.37	
LACF16							ni										
LACF15							ni										
LACF14							ni										
LACF13	24	32					t	12--35			111					-0.25	
LACF12							t	0--									
LACF11	35	30					t	22--35			174					0.17	
LACF10	21	27					t				96					0.22	
LACF9	26	24					t	33--38			132					0.08	
LACF8.4							t										
LACF(9)8.3	27		48	97	7	35	t	12--	0	145	137	0.7	3.6	1.8	2.3		
LACF8.2			54	118	4	30	t	21--29	-8	165		0.9	4.4	2.7	2.8		
LACF8.1			65				t										
LACF7.3							t	27--22									
LACF7.2			72	152	0.5	19?	t		0	178		1.5	7.0	6.3	4.4		0.03
LACF7.1	24	19	80				t	12--48			111					0.26	
LACF6	31	27					t	---39			155					0.15	
LACF5	30	32					o	30--37			185					-0.06	
LACF4	26	24					t	22--57			132					0.08	
LACF3							acanalada										
LACF2.2	27						t	17-29			137						
LACF2.1	30	23					t	21--			151					0.30	
LACF1	24	24					t	26-50			111					0	
LACE29	27	23					t	29-44			137					0.17	
LACE28	27	20					t	0--21			137					0.35	
LACE7.2		22					t	26-31									
LACE7.1	30	30	129				t	29-39			151					0	
LACE6	21						ni				96						

Huella	I	a	P	z	Ar	Lr	Tipo	II [^] III ^IV	O	Ap	h	z/h	z/l	v ₁	v ₂	(I-a) /a	Ar/a
LACE5	31	22					t	11--25			155					0.4	
LACE4	33	30					t	31--47			165					0.4	
LACE3							ni									0.1	
LACE2.2							ni										
LACE2.1			58				ni										
LACE1.2	21	27					t	15--36			96					-0.2	
LACE1.1		23	80				t	13----									
LACB43																	
LACB42	27	25					o				165					0.08	
LACB41							o										
LACB40	27	23					t				132					0.17	
LACB39	39	29					t	0----48			192					0.34	
LACB38	26	23					t	22--30			127					0.11	
LACB37	26						t	20--41			127						
LACB36	27	23					t	18--33			132					0.17	
LACB35							¿?										
LACB34	28	26					t	38--31			137					0.08	
LACB33							¿?										
LACB32							¿?										
LACB31							ni										
LACB30							ni										
LACB29							t										
LACB28							ni										
LACB27							ni										
LACB26							ni										
LACB25		34					t										
LACB24							ni										
LACB23		26					ni	----45									
LACB22.2	35	22	108				LACB23t	13--58			173					0.59	
LACB22.1							LACB22t	----37									
LACB21																	
LACB20																	
LACB18.3							LACB18t	----31									
LACB(19)18.2	28	21	88	175			LACB19t	26--51	2	180	137	1.2	6	5	4.2	0.33	
LACB18.1			87				t	18--									
LACB17	26	21					t	22-21									
LACB16							t										

NUEVAS OBSERVACIONES (PISADAS Y MARCAS DE NATACIÓN DE DINOSAURIOS)
EN EL YACIMIENTO DE LA CELA (MURO EN CAMEROS, LA RIOJA, ESPAÑA)

Huella	l	a	P	z	Ar	Lr	Tipo	$\frac{II^{\wedge}III}{IV}$	O	Ap	h	z/h	z/l	v ₁	v ₂	$\frac{(l-a)}{a}$	Ar/a
LACB15							ni										
LACB14							t										
LACB13.4		31					t	----28									
LACB13.3	32	27	97	190	14	55	t	8---34	-1	147	164	1.1	5.9	4.6	4.2	0.18	
LACB1 3.2		16	102	201	4	27	t	18-56	-10	176		1.2	6.3	5.1	4.4		
LACB13.1		31	100				t	18-42									
LACB12.3		30	120				t	27----									
LACB12.2	39	28	116	239	1		t	22--43	14	176	192	1.2	6	5.6	4.8	0.39	0.03
LACB12.1			130	235	3		t	19--47	-7	174		1.2	6	5.5	4.7		
LACB12.-1		34					t	16--51									
LACB11.3	37	26					t	16—28			185		5.2			0.42	
LACB11.2		29	122	239	7	41	t			166		1.2		5.7	4.6		0.24
LACB11.1	40	32	119				t	12----			198		4.8			0.25	
LACB10.6	29	24					t	13--27			141					0.21	
-----				215			t					1.3	6				
LACB10.4	34	31	104				t	10--41			170					0.1	
LACB10.3			119	219	4		t			172		1.3	6.2				
LACB10.2			102	225	6		t	----40	-2	168		1.3	6.5				
LACB10.1	31	27					t	21---			155					0.15	
LACB9.4	27						t	----33			142						
LACB9.3			82	161	6		t			162		1.1		6.7	5.1		
LACB9.2	35	80	162	9			t	0---45	9	156		1.1		4.2	3.8		0.26
LACB9.1			97				t										
LACB8.3							t										
LACB8.2	27	31	109	215	15	61	t	19—42	14	154	142	1.3	8.0	6.7	5.1	0.19	0.48
LACB8.1		29	110				t	0---45									
LACB7.6							t										
LACB7.5	29	26	108	200	5		t	7---23	0	170	142	1.7		7.9	5.4	0.11	0.19
LACB7.4		24	112	215	0		t	10--35	-2	180		1.7		7.6	5.3		0
LACB7.3			102	206	0	26	t	0--17	-6	180		1.6		7.0	5.1		0
LACB7.2			102	210	9	40	t			160		1.6		7.3	5.2	0.09	0.37
LACB7.1	24	22	111				t	17--40			115						
LACB6.5							t										
LACB6.4		31					t	16----			159	1.4		6.2	4.9		
LACB6.3		27	112	222	7		t	32--28	6	167		1.4		6.3	5.0		0.26
LACB6.2			111	224	4		t			175							
LACB6.1			112				t										

Huella	I	a	P	z	Ar	Lr	Tipo	II [^] III ^IV	O	Ap	h	z/h	z/l	v ₁	v ₂	(I-a) /a	Ar/a
LACB5.5	32	20					t	0---			160					0.6	
LACB5.4	27	21	106	192	2		t	0---40	2	176	132	1.2	7.7	5.5	4.3	0.29	0.1
LACB5.3	29	25	86				t	18---			141					0.16	
-----				190			t					1.2	7.6	5.4	4.3		
LACB5.1							t										
LACB5.-1	23		61				t				106					-0.17	
LACB4.6	42	41					o				276					0.02	
LACB4.5			100	197	6		o			165		0.7	4.7	2.7	3.3		
LACB4.4		41	100	195	10		o			159		0.7	4.5	2.6	3.3		0,24
LACB4.3		37	100	197	9	52	o			159		0.7	4.7	2.7	3.3		9.24
LACB4.2			100		7		o		0	165							
LACB4.1			100				o										
LACB3.3							o										
LACB 3.2		29	62	137	4	34	o		14	165		0.7	6.5	4.6	3.8		0.33
LACB3.1		29	75	139	4	31	o	11--15		167		0.7	6.6	4.7	3.8		0.33
LACB3.-1	21	26	66				o			103							-0.19
LACB(2)2.4	20?	24					o			91							
LACB2.3	24		47				o			111							
-----				119								1.1	5.4	3.7	3.3		
LACB2.1		27					o										
LACB1.3		35					t	20—34									
LACB1.2		32	96	216	6	47	t	-----34	6	165							
LACB1.1		35	122				t	21--41									

4.2. Nuevos afloramientos LACE, LACF y LACG

4.2.1. LACE

El afloramiento de LACE (Figura 5), adyacente a LACC, se caracteriza por sus marcas de natación. Consta de huellas tridáctilas poco profundas, y de marcas subacuáticas. Se describen individualmente las huellas porque es el único encontrado hasta ahora en La Rioja con caracteres que se citan y se muestran en la descripción original de *Characichnos* Whyte y Romano 2001. Las huellas tridáctilas, en pares y aisladas, se han identificado con las siglas LACE1 a LACE7 (excepto el par LACE2), LACE28 y LACE29. Las huellas no identificadas, además del par LACE2, son algunas marcas cuya línea de contorno no se reconoce en ningún icnotipo tetrápodo (LACE17) y dos icnitas (LACE11 y LACE22) formadas por estrías o acanaladuras muy diferentes de tamaño y de anchura las demás, y que no tienen caracteres para poderlas identificar. En un lateral al Este del yacimiento se encuentra un grupo de

huellas que también se consideran en este estudio (tridáctilas [LACE28 y LACE29] y de dos acanaladuras [LACE30 y LACE31]).

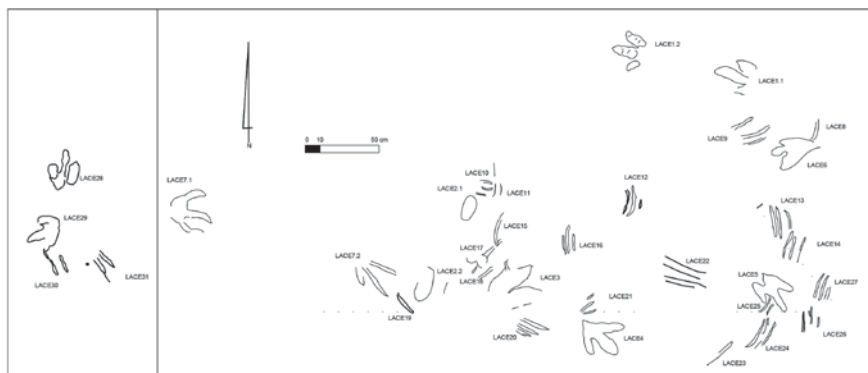


Figura 5. Yacimiento de LACE.

LACE1. Par de huellas (LACE1.1 y LACE1.2) tridáctilas, con dedos relativamente anchos, pero perfectamente separados y de terminación acuminada. LACE1.2 es la mejor conservada porque tiene marcas de almohadillas dactilares, aunque no conserva impresión del talón. Está bien señalada la asimetría angular (14° - 36°). Son huellas terópoda. La longitud de paso es de 80 cm.

LACE2. Son dos marcas más largas que anchas, como rectángulos de vértices redondeados, sin ningún otro carácter morfológico distinguible. Están separadas por 61 cm, que en el caso de pertenecer a una rastrillada se podría considerar como la distancia de paso. No son asociables a ningún icnotaxón y las consideramos como icnitas no identificadas.

LACE3. Huella posiblemente tridáctila de la que solo se conserva la marca completa de un dedo externo y parte de la marca del dedo central. Los dedos son anchos, pero relativamente largos y separados, con terminación acuminada. La pisada no está asociada con ninguna otra. Probablemente es una icnita terópoda.

LACE4. Huella tridáctila aislada más larga (33 cm) que ancha (30 cm) con dedos separados, pero de anchura diferente. La asimetría angular 31° - 47° sería propia de pie izquierdo, pero la posición de los dedos no es discriminante. Aunque la línea límite en el ápice de los dedos es redondeada, es posible que los dedos tuvieran uñas afiladas. Consideramos que no hay caracteres morfológicos suficientes para clasificar esta icnita.

LACE5. Huella tridáctila aislada más larga (31 cm) que ancha (22 cm) con dedos relativamente fuertes y separados y talón bilobulado. Es posible que queden indicios de marcas de almohadillas, pero no se conservan bien porque se han desprendido fragmentos de roca. El dedo II tiene marca de uña afilada. La asimetría de posición y angular de los dedos indica que es huella de pie izquierdo. $\text{II}^{\wedge}\text{III}^{\wedge}\text{IV} = 11^{\circ}, 25^{\circ}$. Es una pisada estrecha ($(\text{I-a})/\text{a} =$

0,4) asimétrica respecto a la posición de los dedos (la prolongación de los dedos IV y III que forman una “uve” que forma el talón mientras que el dedo II está separado de los anteriores) y respecto a los ángulos interdigitales ($II\wedge III < III\wedge IV$). Es una huella terópoda.

LACE6. Huella tridáctila de 21 cm de larga. La anchura no se puede medir porque la línea límite es una fractura en parte de su recorrido. Los dedos no están bien definidos y tienen terminación redondeada. Al estar deformada y ser una huella aislada, no hay criterios para asignarla a ningún icnotaxón.

LACE7.1. Huella tridáctila, tan larga como ancha (30 cm) posiblemente debido a su deformación, dedos relativamente largos y separados, de terminación acuminada (Figura 6). La marca acuminada de las uñas es patente. La línea límite indica talón bilobulado, que en la imagen en 3D se muestra como una escotadura muy fuerte que indica la asimetría de posición de los dedos II y IV, Ángulo $II\wedge III$ (29°) menor que el $III\wedge IV$ (39°).

Las paredes laterales de los dedos III y IV están abombadas hacia el interior probablemente por caída gravitatoria. Es posible que el pie al penetrar en el barro durante la fase T se haya desplazado hacia adelante.

LACE7.2. Icnita tridáctila con marcas de dedos aparentemente rectilíneas. La longitud no se puede medir, y la anchura es de 22 cm. Los ángulos interdigitales son de 26° y 31° con lo que el ángulo $II\wedge IV$ es de 57° . A lo largo de las marcas de los dedos hay estrías rectas y paralelas a sus líneas de contorno. No se aprecian marcas de talón ni de almohadillas. Cabe la posibilidad de que sea la huella central de una rastrillada que comienza en LACE7.1 (pisada tridáctila bien marcada) y termina en LACE22 (solo marcas de tres uñas).

LACE8. Es una acanaladura aislada que termina en la huella tridáctila LACE6.

LACE9. Dos marcas paralelas, con la concavidad hacia el norte. La marca del sur se puede considerar una acanaladura durante parte del recorrido oeste y estría durante la parte este. Es posible (ver curvas de nivel [Figura 6]) que la parte más profunda sea la occidental.

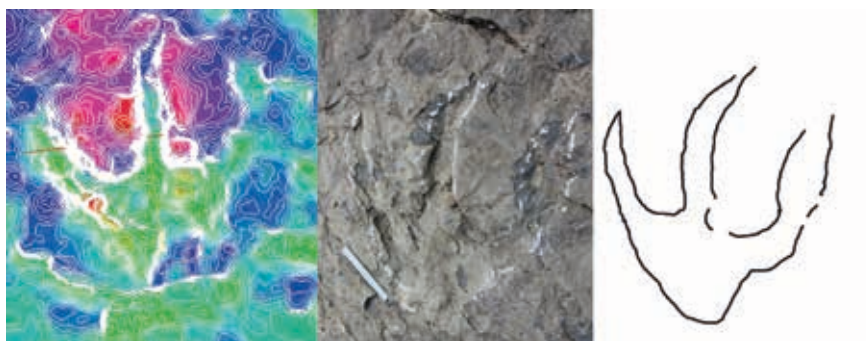


Figura 6. LACE7.1. Imagen con colores de diferente altura y curvas de nivel, fotografía de la huella, línea de contorno.

LACE10. Tres estrías cortas y paralelas casi perpendiculares a la icnita siguiente. La marca del sur tiene estría de base durante todo su trazado.

LACE11. Es una acanaladura amplia, ligeramente curvada dividida en dos sectores. Tiene estrías poco marcadas paralelas a los bordes de la estructura. No se observan en ambas marcas estructuras de sentido de desplazamiento de las uñas.

LACE12. Tres acanaladuras paralelas de las cuales la menor es la situada al este. Son marcas curvas cuya concavidad apunta hacia el oeste. No hay indicios del sentido de desplazamiento de las uñas. La parte central de las dos marcas más largas está modificada por una estructura más moderna que no sabemos identificar.

LACE13. Tres marcas paralelas, las dos del oeste más largas, anchas y profundas que la del este, de trazado no rectilíneo y su concavidad hacia la parte oeste de las trazas. La marca central tiene estría de base. La parte norte es la más profunda de las dos marcas largas. Hay estructuras de acumulación de barro en el extremo sur de estas dos marcas. El sentido de movimiento de las uñas sería hacia el sur y el del desplazamiento del icnopoyeta hacia el norte.

LACE14. Tres marcas paralelas, dos bien marcadas como dos acanaladuras en su parte norte que se convierten en dos estrías en su extremo opuesto (la parte más profunda es la del norte) y una al este de las anteriores, muy poco marcada. Su trazado es tan levemente curvo que casi no se aprecia y cuya concavidad está en la parte este. Es posible que el movimiento de arrastre de las uñas fuera hacia el sur.

LACE15. Acanaladura curva, aislada, en la que no se distingue sentido de movimiento.

LACE16. Tres acanaladuras paralelas y ligeramente curvadas con estrías de fondo. La más larga es la central que sobresale de las laterales en su parte norte. Las tres no pasan de la misma línea, aproximadamente perpendicular a las acanaladuras, en lo que debe ser la parte final de su recorrido. Si esto es así, el avance del icnopoyeta es hacia el norte y las uñas que la producen son las del pie izquierdo por la concavidad de su trazado. La forma sinuosa de la estría de fondo del dedo III es posible que sea debida a barro caído al interior de la marca del dedo IV.

LACE17. Hay dos estructuras redondeadas, probablemente orgánicas posteriores a las acanaladuras, una de las cuales se pone sobre la acanaladura más larga.

LACE18. Dos acanaladuras levemente oblicuas a las roturas del sector del afloramiento. Parecen tener una estría de fondo, pero esa posible estría coincide con las líneas de rotura. No se ve sentido de movimiento.

LACE19. Una acanaladura aparentemente aislada, pero está en el mismo borde del afloramiento, al lado de derrubios que quizá oculten alguna otra paralela. No hay marcas de movimiento.

LACE20. Tres acanaladuras levemente torcidas o sinuosas. La acanaladura central tiene el barro desplazado en la extremidad que apunta al NW. La acanaladura colocada más al norte tiene el fondo relativamente plano, mientras que en las otras dos se distingue una estría de fondo. El desplazamiento del animal sería hacia el SE.

LACE21. Tres acanaladuras muy cortas e irregulares. Sin estrías ni barro desplazado.

LACE22. Dos bandas relativamente anchas (3-5 cm) sin continuidad lateral. No tenemos criterio para saber cuál ha sido su causa, pero son similares a marcas de arrastre, probablemente debidas a un objeto o un cuerpo flotante, sin poder especificar más por ahora. Tampoco vemos relación con otra estructura del afloramiento.

LACE23. Parte de una acanaladura acompañada de otra paralela y rota por meteorización y erosión actual de la roca. No se deduce sentido de desplazamiento, pero se supone que forma parte de un grupo de tres acanaladuras paralelas.

LACE24. Tres acanaladuras, parte de cuyo recorrido es muy estrecho, y cóncavas hacia el oeste. El sentido de desplazamiento de las uñas, según la posición del barro desplazado (uña más externa - oriental) es hacia el norte. Por la forma de la concavidad, se supone que el cuerpo está al oeste de la pisada, su avance es hacia el sur y, por lo tanto, sería huella de pie izquierdo (Figura 5).

LACE25. Dos estrías que interfieren con una pisada tridáctila. La dirección de las estrías coincide o cambia muy poco con la dirección de numerosas fracturas pequeñas (Figura 7), lo cual complica en ocasiones la identificación de unas y otras.



Figura 7. Izquierda, fotografía del yacimiento en la que se distinguen varios sistemas de fractura. Centro, se señala uno de los sistemas de fractura con alineamientos de longitud y disposición parecida a la distribución de ciertas marcas de natación. Derecha, dibujo del sistema destacado en la imagen central.

LACE26. Tres estrías de arrastre paralelas, poco profundas, más estrechas y más cortas que las anteriores. No se deduce sentido de movimiento de las uñas.

LACE27. Tres acanaladuras de arrastre paralelas, con incisión en la base, asimétricas cuya dirección de alargamiento es N14E. La parte más baja no está en el centro de la acanaladura sino algo desplazada hacia el este. Las paredes laterales oeste de la acanaladura se inclinan menos que la pared este, que es donde se acumula el barro empujado. El sentido de desplazamiento de las uñas que trazan las acanaladuras es hacia el sur, con lo que el icnopoeta nadaba hacia el norte.

LACE28. Huella tridáctila, más larga (27 cm) que ancha (20 cm), con dedos separados en alguno de los cuales se reconoce su terminación acuminada. Pie asimétrico tanto angular ($II^{\wedge}III < III^{\wedge}IV$) como por la posición de la parte proximal de los dedos, con el dedo II muy adelantado respecto al talón, el cual está en continuación con el dedo IV. Escotadura muy marcada en la unión del dedo II con el resto del pie. Es una huella terópoda típica.

LACE29. No clasificable debido a los caracteres que muestra. La anchura de la pisada es relativamente grande y los dedos son anchos y es difícil saber si tiene más de una almohadilla por dedo y si el ápice de los mismos es acuminado.

LACE30. Consta de dos acanaladuras paralelas, una de las cuales se prolonga en una estría fina. La terminación de las acanaladuras no se cierra en uno de sus extremos. Sus caracteres son similares a las del resto del afloramiento.

LACE31. Dos acanaladuras paralelas y cerradas. Una de ellas consta de dos sectores separados por un espacio sin marca. Sus caracteres son similares a los del resto de las acanaladuras del afloramiento.

4.2.2. LACF

En el afloramiento de LACF (Figura 8) hemos descrito 26 huellas terópodas (Tabla 2). En el espacio situado al oeste del yacimiento hemos encontrado cuatro huellas terópodas aisladas, muy separadas unas de otras. Es normal en este paraje, y en muchos otros lugares de La Rioja, encontrar afloramientos del orden de unos decímetros cuadrados con una o dos huellas que desistimos de estudiar a no ser que sean especialmente particulares.

Las huellas se encuentran formando: rastrilladas LACF7, LACF8 (tres y cuatro huellas respectivamente); pares de huellas (LACF2, LACF18) e icnitas aisladas. Muchas de las huellas tienen la línea de contorno incompleta, aunque en alguna de ellas se reconoce su diseño terópodo: LACF11 con asimetría dactilar, y marcas de algunas almohadillas y escotadura o talón bilobulado; LACF18, LACF19 con escotadura en la unión del dedo II. LACF5 tiene sin embargo caracteres ornitópodos.

LACF3 son dos acanaladuras que se incluyen entre las huellas subacuáticas, y, finalmente, LACF15 y LACF16 que interfieren entre ellas y las consideramos “no identificadas”.

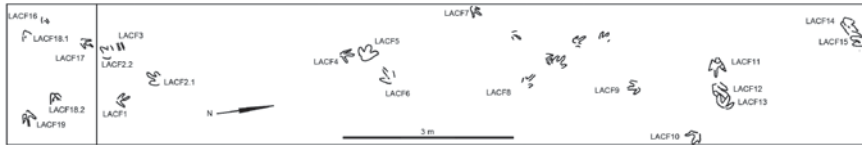


Figura 8. Yacimiento de LACF.

4.2.3. LACG

Finalmente, el yacimiento de LACG (Figura 9; Tabla 2) contiene una rastrillada saurópoda y once huellas terópodas, cuatro de las cuales forman dos pares de huellas (LACG2 y LACG3).



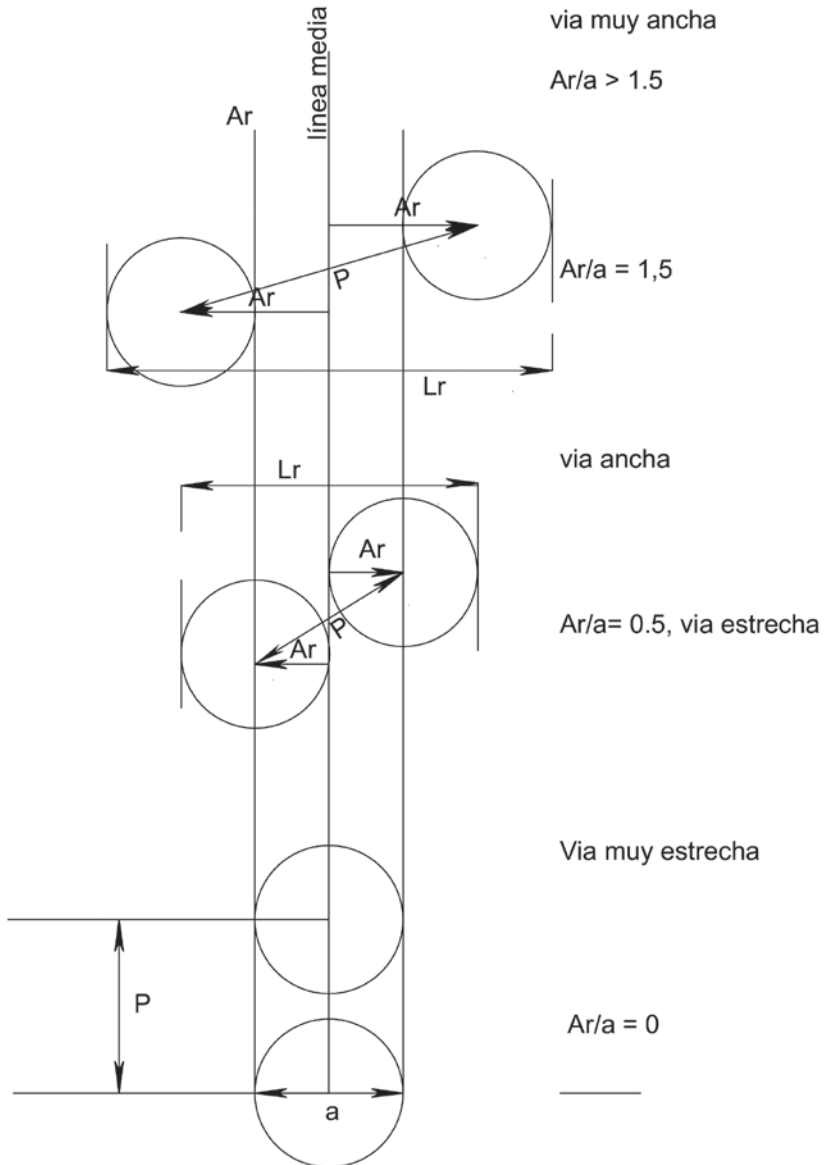
Figura 9. Yacimiento de LACG. La flecha indica el Norte.

Mientras que algunas icnitas tridáctilas se asocian sin problemas con huellas terópodas (LACG2, LACG3, LACG7, LACG8), otras no tienen caracteres icnotaxonómicos suficientemente discriminativos para asignarlas a icnitas terópodas u ornitópodas, probablemente debido a la erosión actual de la superficie de marcha. LACG5 pudiera ser ornitópoda.

Las huellas saurópodas se caracterizan por la asociación de marcas de mano y pie pentadáctilos y por la forma particular de las líneas de contorno. En los afloramientos de LAC no se distinguen los dedos de los autopodios, por lo que la identificación se basa en las líneas de contorno y en la posición relativa de las pisadas en las rastrilladas. En la descripción y clasificación en morfotipos de las huellas saurópodas, se emplean los siguientes caracteres icnotaxonómicos (cf. Boutakiout et al., 2020):

- caracteres biomórficos relacionados con la forma de las huellas de la mano y con las huellas del pie (cf. Castanera et al., 2018).
- caracteres morfométricos que cuantifican la diferencia de superficie entre las huellas de las manos y las de los pies (Lockley et al., 1994).
- caracteres métricos que cuantifican la posición de los ejes de las manos y de los pies (ángulo entre ellos) y entre las huellas y la línea media de las rastrilladas (orientación de los ejes de las manos y de los pies) (Boutakiout et al., 2020).

- caracteres métricos relacionados con la anchura de las rastrilladas (Farlow, 1992; Lockley et al., 1994) determinada numéricamente (Figura 10) por la relación entre la amplitud de rastrillada del pie y la anchura de la huella del pie (Casanovas et al., 1989; Pérez-Lorente, 2001a).



Basado en Masrou et al. (2020)

Figura 10. Determinación numérica de la anchura de las rastrilladas mediante la relación entre la amplitud de rastrillada y la anchura de la pisada.

4.3. Icnitas terópodos

Se han identificado como terópodos las huellas que tienen marcados alguno de los caracteres identificativos siguientes (Romero Molina et al., 2003; Masrour et al., 2023):

i) dedos separados y relativamente largos.

ii) terminación acuminada de los dedos.

iii) asimetría de los dedos (Figura 11: LACB7.1, LACB7.5, LACB10.6, LACE1.2, LACG8; Figura 6, LACE7.1) tanto en su posición (marca del dedo IV que se prolonga hasta el talón y dedo II adelantado) como en el ángulo interdigital ($II \wedge III < III \wedge IV$).

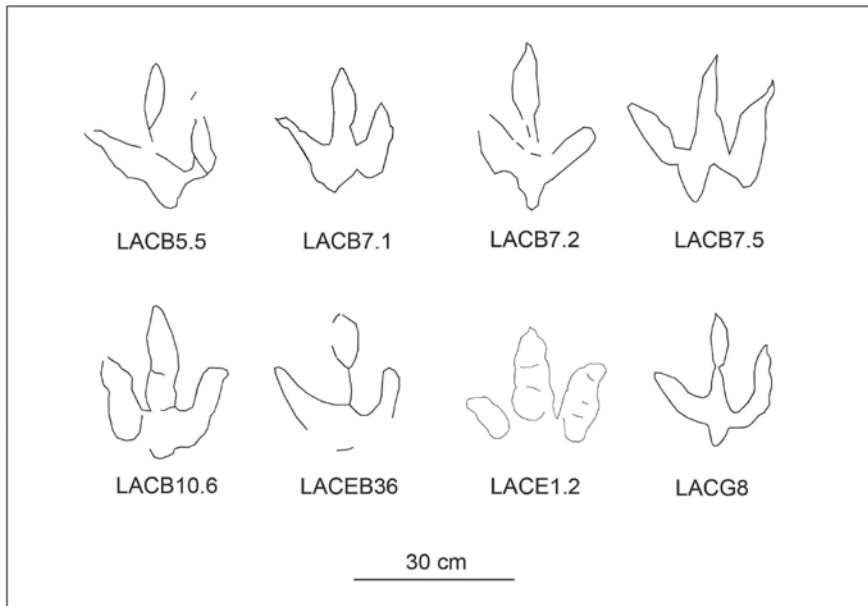


Figura 11. Algunas icnitas terópodos representativas.

El tamaño de las pisadas de LAC no se puede medir en todas ellas porque la línea de contorno no es continua. No obstante, todas las icnitas estarían entre 21 y 42 cm; son estrechas ($l-a/a$ entre 0 y 0,37) excepto en LACF14 que es más ancha que larga. Considerando que cada rastrillada, cada par de huellas y cada huella aislada representan a un icnopoyeta, los dinosaurios cuyo pié midiera 26 cm serían los más abundantes. Esto se corresponde con un dinosaurio de 128 cm de altura del acetábulo (Thulborn, 1990). La longitud de los dinosaurios según las fórmulas de Weems (2006), Xing et al. (2009) y Boutakiout et al. (2009) oscilaría entre 2,5 (los menores) y 7,3 metros (los mayores; la longitud de los más abundantes oscilaría entre 3,4 y 4,7 metros).

Entre los tres nuevos yacimientos sólo se distinguen dos rastrilladas, LACF7 y LACF8, cada una constituida por tres huellas, de las cuales en la segunda no se pueden tomar datos porque las pisadas son incompletas. En LACF7 los datos son de rastrillada muy estrecha ($Ar/a=0,03$; Ap muy próximo a 180° ; $z = 2P$).

Ya se ha dicho que las huellas de estos yacimientos son poco profundas (Figura 11), pero también muestran estructuras que indican que originalmente había tanto huellas superficiales (por ejemplo, con marcas de almohadillas, figura 11: LACB10.6, LACE1.2) como profundas en las que los pies llegaron a hundirse en el barro (ojales de salida de los dedos, figura 11: LACB5.5, LACB7.2, LACB36, LACG8). También se puede explicar que haya huellas someras si:

i) la erosión ha eliminado la superficie de marcha de manera que incluso falten sectores de las paredes de la huella; esto justificaría que haya muchas icnitas en las que no es continua la línea de contorno.

ii) si se hubiera rellenado parte del hueco por flujo tixotrópico de barro.

Cada una de las dos posibilidades, o la acción de ambas, justificarían también que haya icnitas en las que no es continua la línea de contorno.

Finalmente, añadir que no hemos encontrado relación entre huellas de marcha (en las que se marca la suela del pie o de sus dedos) y las de natación (acanaladuras y estrías). De todas las icnitas descritas, solo el par de huellas LACE7 pudiera estar relacionado con la huella LACE20 (Figura 5).

4.4. Icnitas ornitópodas

Se han considerado de este icnotipo las que tienen una almohadilla redondeada y relativamente grande en cada dedo y otra, también redondeada y aproximadamente del mismo tamaño en el talón (Romero Molina et al., 2003). La almohadilla que forma el talón no se puede considerar asociada a ninguno de los dedos. También se han considerado ornitópodas las huellas con dedos anchos, relativamente cortos y de terminación redondeada.

Excepto LACG5 y LACF5, cuyos caracteres son típicamente ornitópodos, el resto de las huellas ornitópodas se encuentran en el yacimiento LACB. En total hay 16 huellas ornitópodas de las cuales 13 se encuentran en tres rastrilladas (LACB2, LACB3 y LACB4).

Las de la rastrillada LACB4 (Figura 4) son las mayores, aproximadamente igual de anchas que de largas, y la única medida que hemos podido hacer da $I = 42$ cm. Por sus caracteres icnotaxonómicos LACB4 se asociaría con *Caririchnium* cf. Díaz Martínez et al. 2015.

4.5. Icnitas saurópodos

En este nuevo trabajo se ha encontrado una nueva rastrillada saurópoda, LACG1. La nueva rastrillada se ha comparado con las otras dos ya descri-

tas en La Cella: LACA1 y LACC1 (Figura 12, Tabla 3). En ninguna de las tres se distinguen marcas de dedos o de uñas ni en las improntas de las manos ni en las de los pies. La forma de las marcas de los pies sería alargada, de contornos redondeados e inscrita en un rectángulo.

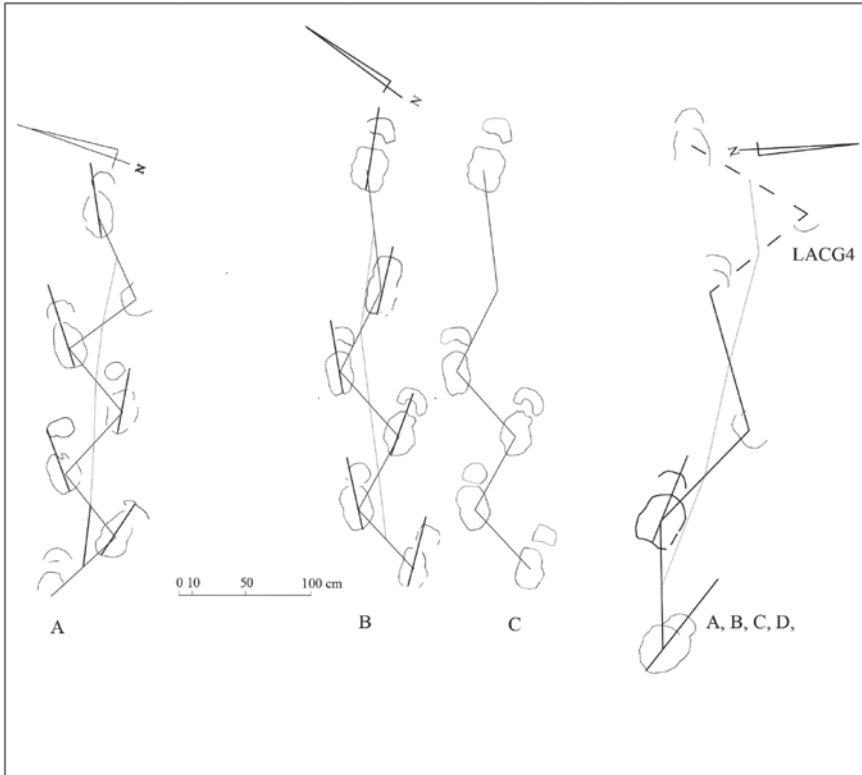


Figura 12. Las rastrilladas saurópodos de La Cella. A, LACA1; B, línea de contorno de las pisadas de LACC1; C, forma de los contornos cerrados para determinar el área de las huellas de las manos y los pies de LACC1 (Tabla 4); D, LACG1, la línea indica los pasos de los pies que incluye (línea a trazos) la posibilidad de que LACG4 perteneciera a esta rastrillada.

Tabla 3. Análisis morfométrico de la nueva rastrillada saurópoda LACG1, junto con las otras dos ya descritas en La Cella (LACA1 y LACC1).

	l	a	h= 4'11	h= 4a	h= 3'61	h= 5'51	h= 4.5861	h	z/h	v ₁	v ₂	z/l	Ar/a
LACG1.6p													
LACG1.5p													
LACG1.3p													

	l	a	h= 4'11	h= 4a	h= 3'6l	h= 5'5l	h= 4.586l	h	z/h	v₁	v₂	z/l	Ar/a
LACG1.2p	35	33	143	132	126	192	160			4.7	4.2	5.2	0.6
LACG1.1p	36	32	148	128	130	198	165					5.1	
media			146	130	128	196	162	152	1.2				0.6
LACA1.7p	35	22	143	88	126	192	160						
LACA1.6p													
LACA1.5p	35	24	143	96	126	192	160		0.7	1.9	2.4	2.9	0.9
LACA1.4p	34	25	139	100	122	187	156		0.7	1.7	2.3	2.8	0.8
LACA1.3p	31	26	127	104	112	170	142		0.7	1.7	2.3	3.1	0.8
LACA1.2p	37	24	152	96	133	203	170		0.7	1.7	2.2	2.5	0.8
LACA1.1p													
media			141	97	124	189	158	142					0.8
LACC1.7p	32	27	131	108	115	176	147						
LACC1.6p									0.7	1.7	2.2		
LACC1.5p		22											
LACC1.4p	34	22	139	88	122	187	156		0.8	2.1	2.5	3.1	0.9
LACC1.3p	34	25	139	100	122	187	156		0.7	1.9	2.4	2.9	0.8
LACC1.2p	34	24	139	96	122	187	156		0.8	2.1	2.5	3.1	0.5
LACC1.1p		21		84									
media			137	95	120	184	154	138					

LACA1 tiene manos con línea de contorno que va desde circular a arriñonada. Sus huellas son las menores de las tres rastrilladas.

LACC1 es la rastrillada saurópoda con las líneas de contorno más completas. Las manos tienen forma entre crescent (o de herradura de caballo) y circular. La heteropodia varía entre 1/2.5 y 1/3 (Tabla 4).

Tabla 4. Heteropodia de las huellas saurópodas de LACC1.

Huella	Área de la mano	Área del pie	índice
LACC1.6	265	927	1/3
LACC1.5			
LACC1.4	223	540	1/2.5
LACC1.3	244	598	1/2.5
LACC1.2	216	628	1/3
LACC1.1	198	509	1/2.5

LACG1 tiene líneas de contorno incompletas. No hay posibilidad de imaginar la forma de las marcas de las manos. Las huellas de los pies son las mayores de las tres rastrilladas, así como probablemente la que da los pasos más largos.

La posición relativa de la mano respecto al eje del pie (Boutakiout et al., 2020) es interior en la mayor parte de las pisadas: en todas las huellas de LACA1 (excepto en LACA1.2); en todas las huellas de LACC1 (excepto en LACC1.1). En LACG1 la posición de la mano en los dos pares relativamente completos (LACG1.1 y LACG1.2) es contradictoria.

Si consideramos que:

- i) la forma de la mano es arriñonada,
- ii) la huella de la mano suele estar separada de la del pie,
- iii) la forma de los pies es oval y alargada,
- iv) la orientación de las huellas de los pies es positiva y oscila entre 3 y 27°,
- v) la heteropodia es una fracción de denominador medio (Lockley et al., 1994),
- vi) la rastrillada es de vía ancha (Farlow, 1992; Lockley et al., 1994) y
- vii) las marcas de las manos son interiores respecto al eje longitudinal del pie,

serían huellas comparables con el Morfotipo III de Castanera et al. (2010) o se podría incluir con los morfotipos de la parte baja del Cretácico Inferior descritos por Castanera et al. (2018).

Hemos de aclarar que alguno de estos criterios es aleatorio, pero todavía se siguen usando en la identificación de este tipo de huellas, como por ejemplo la anchura de vía de la rastrillada (Bouchidche et al., 2017).

4.6. Marcas subacuáticas

Las marcas subacuáticas de LACE las asociamos a *Characichnos* Whyte y Romano 2001, dados los caracteres icnotaxonómicos encontrados.

El icnogénero se caracteriza según los autores citados porque está formado por de dos a cuatro crestas hipichniales (en los contramoldes) alargadas que pueden ser rectas, suavemente curvadas o ligeramente sinuosas. La terminación de las crestas (o de los surcos) puede ser recta o desviada. La rastrillada del holotipo consta de dos filas de huellas con los ejes longitudinales paralelos entre sí y paralelos u oblicuos a la línea media de la rastrillada.

Esta diagnosis se ha ido modificando debido a nuevos hallazgos de manera que han variado tanto el número de acanaladuras como la disposición de los conjuntos de huellas. Estas se pueden disponer en los yacimientos tanto ordenadas como en agrupaciones aparentemente caóticas. Las ras-

trilladas pueden ser rectas o curvas, la amplitud de rastrillada varía desde estrecha a muy ancha y las estrías y acanaladuras pueden ser paralelas a la línea media o formar ángulo con ella.

Las huellas de este tipo pueden hacerlas dinosaurios, cocodrilos, que- lonios e incluso anfibios (Lockley y Foster, 2006). Las de tres acanaladuras en su mayoría se deben a un zarpazo con el que los dinosaurios nadando, dejan marcadas en el fondo las uñas y las puntas de los dedos (Xing et al., 2020). Por el número de dedos no hay dificultad en asociar el conjunto de LACE a huellas de dinosaurios terópodos que se moverían gracias a impulsos activos de sus extremidades.

Según Castanera et al. (2010) las estrías y acanaladuras pueden estar producidas por las almohadillas falangianas distales o por las uñas.

La longitud de las marcas de cada icnita de LACE (Figuras 5 y 13) no suele ser igual, pero no hay pauta de repetición que indique a qué dedo debe corresponder la icnita mayor ni la menor. Es posible que en la mayoría de las huellas la mayor y más adelantada sea la del dedo central (que suponemos del dedo **III**) y la menor sea la marca lateral externa. Las acanaladuras no varían de anchura a lo largo de su trazado que se mantiene relativamente constante en toda su longitud, probablemente esto indique que los dedos no penetraban profundamente en el suelo. Tampoco son destacables las variaciones de profundidad (Figuras 13 y 14). En LACE hay un sistema de fracturas (Figura 7) similares a las acanaladuras y, o estrías de arrastre que podrían confundirse con ellas por su longitud y distribución.

Parte de las acanaladuras de LACE (Figura 5) se pueden asociar en grupos debido a su posición (concentradas) y a su orientación (en la misma línea). Según ese criterio habría dos secuencias distinguibles: una el par LACE16-LACE12; y otra serie que desde un extremo al otro estaría constituida por las icnitas LACE23, LACE24, LACE25, LACE26, LACE27, LACE14, LACE 13 y LACE8. En ambas secuencias las tres acanaladuras de cada huella están curvadas hacia el mismo lado, pero al menos en una parte de ellas de forma alternante. Hay huellas de la segunda secuencia que son compatibles con desplazamiento hacia el norte de manera que podríamos distinguir entre huellas derechas (LACE23, LACE24, LACE26 LACE27, LACE13 y LACE8) e izquierdas (¿LACE25?, LACE14). Utilizando el mismo criterio, LACE16 sería una huella izquierda y LACE12 derecha.

La separación entre las marcas de uñas de las huellas digitígradas es mayor que entre las marcas de arrastre de las uñas. Esto puede ser debido a que los dinosaurios tenían los dedos más juntos durante la fase de propulsión al nadar que durante las fases de la pisada. Es posible también que las huellas de natación fueran de dinosaurios más pequeños que no llegaban con los pies al fondo. Dado que el tamaño de las icnitas tridáctilas de este afloramiento es muy variable y a que no tenemos criterio para saber si en la propulsión juntaban o no los dedos, no podemos deducir el tamaño del pie de los icnopoyetas ni por lo tanto hacer cálculos sobre su tamaño. La coexistencia de huellas digitígradas y de uñadas en el mismo afloramiento



Figura 13. Sector oriental del afloramiento LACE que contiene una huella tridáctila (LACE5) y varias acanaladuras. Obsérvese la poca profundidad de las acanaladuras.

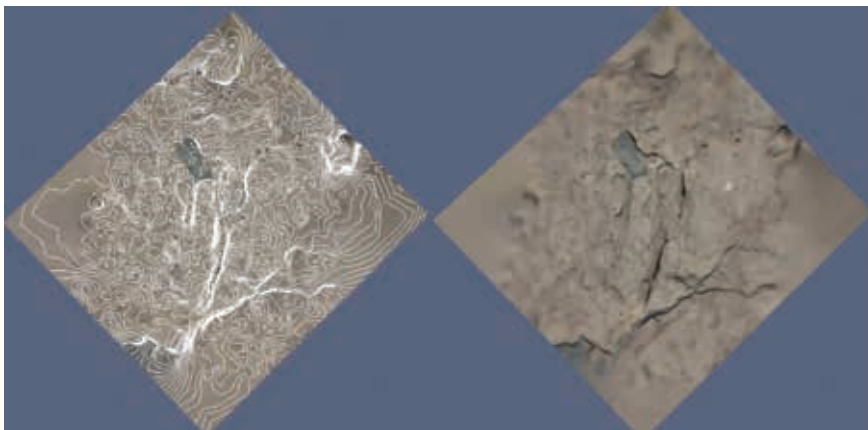


Figura 14. Izquierda, líneas de nivel de LACE14. Derecha, fotografía de la misma icnita. La topografía de las fracturas es indistinguible de las de natación.

puede deberse a que los dinosaurios que dejaron sus marcas tenían tamaño diferente o a que el nivel de agua varió entre el momento de paso de unos y otros.

5. MARCAS DE NATACIÓN DE LA RIOJA ASOCIADAS A DINOSAURIOS

Se ha realizado una tabla (Tabla 5) con los datos relativos a marcas de natación citadas hasta ahora en La Rioja, de la que detallamos las publicaciones hechas hasta el año 2023. Hasta 2023 solamente se conocían como “huellas de natación” de dinosaurios las marcas de los yacimientos de El Villar-Poyales y de La Virgen del Campo. En el año 2023 se publicó el yacimiento de Laguna de Cameros al que hay que añadir el que se describe en este trabajo.

Tabla 5. Trabajos publicados hasta 2023 donde se citan marcas de natación en La Rioja.

Referencia	Yacimiento	Publicación	Marcas
Casanovas et al. (1993)	EVP	<i>Zubia monográfico</i> , 5, 135-163	Rastrillada que pasa de caminar a nadar, uñadas aisladas.
Pérez-Lorente (1994)	LVC	<i>Estrato</i> 6 ,94-95	Gran profusión de señales de uñadas.
Pérez-Lorente (1995)	LVC	<i>Tierra y Tecnología</i> , 11, 29-22	Señales sin especificar de dinosaurios nadando.
Casanovas et al. (1996)	LVC	<i>Ciencias de la Tierra</i> , 19, 89-100	Marcas de una uña o de grupos de dos o tres marcas paralelas de uñas.
Pérez-Lorente (1996)	LVC	<i>Estrato</i> 7, 119-122	Marcas de una uña o de grupos de dos o tres marcas paralelas de uñas.
Casanovas et al. (1998)	EVP	<i>Zubia</i> , 16, 117-152	La Rastrillada L y EVP12 son la misma, normalización del siglado.
Blanco et al. (1999)	LVC	<i>Seminario de Paleontología de Zaragoza</i> . 4, 51-74	1-3 acanaladuras paralelas (marcas de uñas). Citan retroestrías.
Pérez-Lorente et al. (2001)	EVP// LVC	<i>Ciencias de la Tierra</i> . 24, 102 pp.	Rastrillada que pasa de caminar a nadar// uñadas de natación, 1-3 acanaladuras.
Pérez-Lorente (2001a)	EVP, LVC	Paleoicnología	Rastrillada EVP12 y uñadas (1-3 acanaladuras paralelas).
Pérez-Lorente (2001b)	LVC, EVP	Experiences geoconservation in La Rioja (Spain). IGME	EVP12, EVP aisladas, LVC.
Ezquerria et al. (2002)	4LVC	Resúmenes congreso 2002 Logroño	Uñadas y pistas de cocodrilo seminandando.
Ezquerria et al. (2003)	4LVC	<i>Ciencias de la Tierra</i> . (26), 2115-224	Posible rastrillada (4LVC9) y uñadas (1-3 acanaladuras paralelas).
Pérez-Lorente (2003)	EVP//LVC	<i>Ciencias de la Tierra</i> . (26), 49-108.	EVP12//uñadas y cocodrilos.
Ezquerria et al. (2004)	4LVC	Paleontological Association annual meeting. Lille	Rastrillada de 12 huellas (1-3 acanaladuras paralelas) 15 m.

Referencia	Yacimiento	Publicación	Marcas
Costeur et al. (2007)	4LVC	5th Meeting of EAVP	Rastrillada de 12 huellas (1-3 acanaladuras paralelas) 15 m.
Ezquerro et al. (2007)	4LVC	<i>Geology</i> , 35, 507-510	Rastrillada de 12 huellas (1-3 acanaladuras paralelas) 15 m.
García-Ortiz et al. (2008)	4LVC// EVP	<i>Paleontología Nova</i> , 8, 207-219.	12 huellas (1-3 acanaladuras paralelas) // Dinosaurio que empieza a nadar.
Ezquerro et al. (2010)	4LVC	<i>Investigación y ciencia</i> , diciembre 2-8	22 m. nueva longitud de la rastrillada.
Costeur et al. (2011)	4LVC	Association Paléontologique Française	22m 18 huellas.
Pérez-Lorente (2011)	4LVC	<i>Cuadernos del Museo Geominero</i> , 13, 364-368	4LVC15, 4LVC16, 4LVC17.
Pérez-Lorente (2015)	4LVC//EVP	Indiana University Press	Rastrillada y ñadas natación//Dinosaurio comienza a nadar y ñadas aisladas.
Pérez-Lorente (2017)	EVP//4LVC	<i>Spanish Journal of Paleontology</i> , 32, 171-184	EVPL12, 4LVC15, 4LBVC16, 4LVC17.
Navarro-Lorbés et al. (2023)	Laguna	<i>Cretaceous Research</i>	27 hiporrelieves, la mayor parte tridáctilos.
Navarro-Lorbés (2023)	Laguna	<i>Tesis doctoral Universidad de La Rioja.</i>	27 hiporrelieves, la mayor parte tridáctilos.

Las referencias bibliográficas sobre pistas subacuáticas de vertebrados terrestres en La Rioja son muy abundantes. Esta abundancia se debe, por una parte, a las recopilaciones y síntesis para diversos estudios o para trabajos de divulgación científica y, por otra, a las publicaciones que añaden datos a medida que pasan los años.

Hasta hace poco tiempo solo se conocían tres estratos que contuvieran ese tipo de icnitas de dinosaurios (uno en el yacimiento de El Villar-Poyales [EVP] y dos estratos en el yacimiento de la Virgen del Campo [LVC y 4LVC]). A estos hay que añadirles el publicado en 2023 (en Laguna de Cameros) y el que presentamos en este trabajo (en el yacimiento de La Cella [LACE]).

5.1. Yacimiento de El Villar-Poyales (EVP)

La primera referencia a huellas de natación de La Rioja es de hace treinta años. Casanovas et al. (1993) describen una rastrillada con el nombre de Rastrillada L, de la que dicen que es un dinosaurio que se desplaza en un lugar inundado cuya profundidad varía y va perdiendo pie a medida que avanza, hasta que los pies dejan de rozar en el fondo (Figuras 15, 16). La rastrillada comienza con huellas tridáctilas en las que se marcan bien los tres dedos. Las huellas de la rastrillada se van haciendo irregulares de manera que:

- la segunda y la tercera están formadas por la marca de tres dedos que se deslizan,

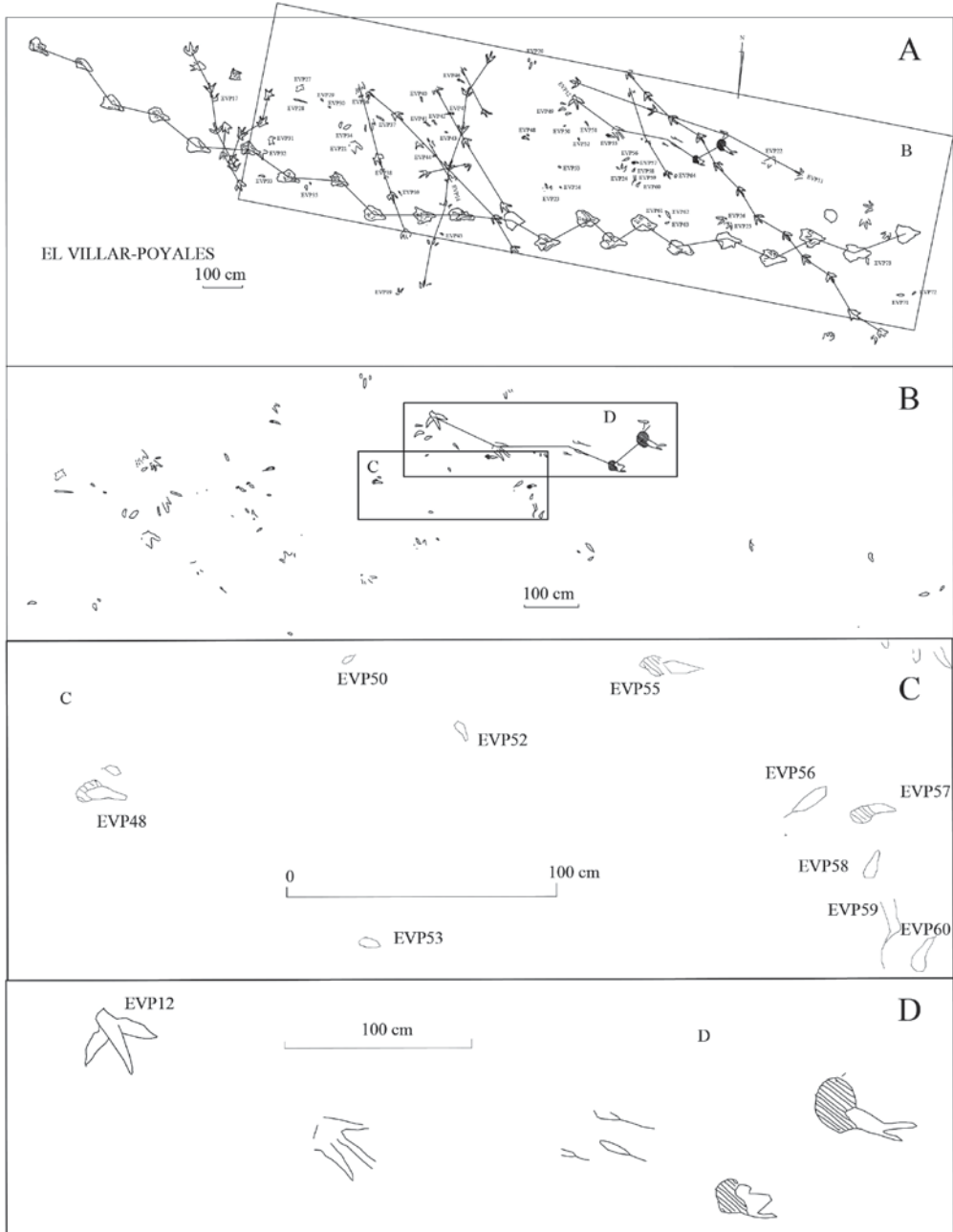


Figura 15. Icnitas del yacimiento de El Villar-Poyales. A, cartografía del yacimiento. B, detalle del yacimiento en el que se han eliminado las rastrilladas terópodos con apoyo de la “planta del pie”. C, diversas marcas de uñadas con y sin barro en la parte trasera. Ovoidales y ligeramente alargadas. D, ampliación de la rastrillada EVP12 en la que un dinosaurio pasa de apoyar el pie entero a desaparecer.



Figura 16. EVP12.5. Última huella de EVP12. Acanaladuras dejadas por dos de las uñas, posiblemente II-III, del autor de la rastrillada. Las acanaladuras van aumentando de profundidad desde la punta hasta la terminación trasera, aparentemente con perfil longitudinal curvo que termina bajo el montón de barro.

- la tercera está formada por las estrías dejadas por las uñas y las marcas que pueden ser de apoyo de la punta de los dedos,

- y las dos últimas están formadas por dos acanaladuras profundas de perfil longitudinal curvo; estas acanaladuras terminan en el fondo del barro amontonado por el mismo pie en la parte trasera de la huella (Figura 16).

En las conclusiones de este mismo trabajo (Casanovas et al., 1993) los autores añaden que hay huellas (Figura 15) “...que indican posiblemente natación de los dinosaurios (uñadas y rastros irregulares)”.

Casanovas et al. (1998) normalizan el nombre de las huellas y llaman EVP12 a la Rastrillada L. Pérez-Lorente (2001a) vuelve a citar las marcas del mismo yacimiento, de uñas menos profundas aisladas o asociadas en grupos de dos o de tres uñadas. La mayor parte de ellas son hendiduras cortas, paralelas, separadas y poco profundas; no se puede establecer correlación entre ellas en el sentido de asociarlas a rastrilladas o secuencias dejadas por el mismo icnopoyeta. Todos los autores citados suponen que son de dinosaurios. Pérez-Lorente (2005) menciona la variación temporal del nivel de agua en este yacimiento para justificar la coexistencia de huellas de dinosaurios relativamente grandes, que solo rozan el fondo, con rastrilladas perfectamente marcadas y sin señales de deslizamiento, de dinosaurios de tamaño similar e incluso menores. En principio hay una gama de morfotipos formados por la punta de los dedos a manera de huecos (unos ovalados y otros ligeramente alargados) con o sin barro acumulado en la parte trasera.

A partir de la primera referencia las huellas atribuidas a natación de dinosaurios de EVP, la rastrillada EVP12 se cita en muchos trabajos Pérez-Lorente (2001a y b), Pérez-Lorente et al. (2001), Pérez-Lorente (2003), García Ortiz y Díaz-Martínez (2008), Pérez-Lorente (2015), Navarro Lorbés et al. (2023).

5.2. La Virgen del Campo

La segunda referencia a las marcas subacuáticas en La Rioja es del yacimiento de la Virgen del Campo (sector LVC) y es de Pérez-Lorente (1994). Casanovas et al. (1996) las citaron como marcas de natación de dinosaurios y dicen que las puntas de los dedos no penetraban en el barro sino que lo rozaban. En el yacimiento de La Virgen del Campo hay al menos dos capas en las que las marcas de uñas son abundantes. La del sector LVC y la del sector 4LVC (Figuras 17 y 18). Cada icnita está formada por la marca de una, de dos o de tres uñas (Figura 18). Las marcas son paralelas y cortas y se caracterizan porque muchas de ellas dejan amontonado en su parte trasera el barro que remueven del fondo. Ese mismo año son citadas también por Pérez-Lorente (1996). Blanco et al. (1999) mencionan “retro-scratches” y añaden que se encuentran en la parte del yacimiento en la que la profundidad del agua era mayor. Otras descripciones y detalles de las mismas huellas se escriben en Pérez-Lorente (2001a) y en Pérez-Lorente et al. (2001). En este último trabajo hay una imagen de una huella que se clasificaría en *Characichnos* Whyte y Romano 2001, formada por dos acanaladuras largas y paralelas que parecen iniciarse en la huella de dos dedos.

En La Virgen del Campo 4 (4LVC) se excavó una zona en el año 1989 (Figura 17A y C) en la que se encontraron marcas que posteriormente se relacionaron con marcas de uñas, y marcas enigmáticas concéntricas todavía sin interpretar. Durante los años 1995 y en el año 2001 se limpió la zona más occidental del yacimiento en la que se encontraron marcas subacuáticas de varios tipos de icnopoyetas, entre otras, marcas de deslizamiento del cuerpo y de la cola (Figura 17 A y E) de cocodrilos (Ezquerria y Pérez-Lorente, 2002). Como en el afloramiento 4LVC (Figura 17), en 1989 no parecía que hubiese secuencia seguida de zarpazos. Ezquerria y Pérez-Lorente (2003) asociaron parte de las icnitas de 4LVC (Figura 17D) con huellas de natación de dinosaurios similares a las encontradas en el sector LVC. Las marcas de las uñas son de grupos de 1 a 3 estrías paralelas generalmente cortas que dejan un montoncito de barro en la parte trasera. Aunque en 4LVC la distribución de la mayor parte de las uñas es aparentemente caótica, Ezquerria y Pérez-Lorente (2003) señalaron huellas alineadas que agruparon en la secuencia 4LVC9. En la figura 17D los autores de este trabajo señalamos otra secuencia de huellas de un solo dedo que también están alineadas, aproximadamente en una trayectoria paralela a la 4LVC9. Ezquerria y Pérez-Lorente (2003) también describieron las marcas de los autopodios traseros, del vientre y de la cola que arrastran dos cocodrilos por el fondo (Figura 17A y E).

Ezquerria et al. (2004) dieron la primera noticia de la pista 4LVC17, la pista más larga descrita hasta ahora de un dinosaurio terópodo nadando. La

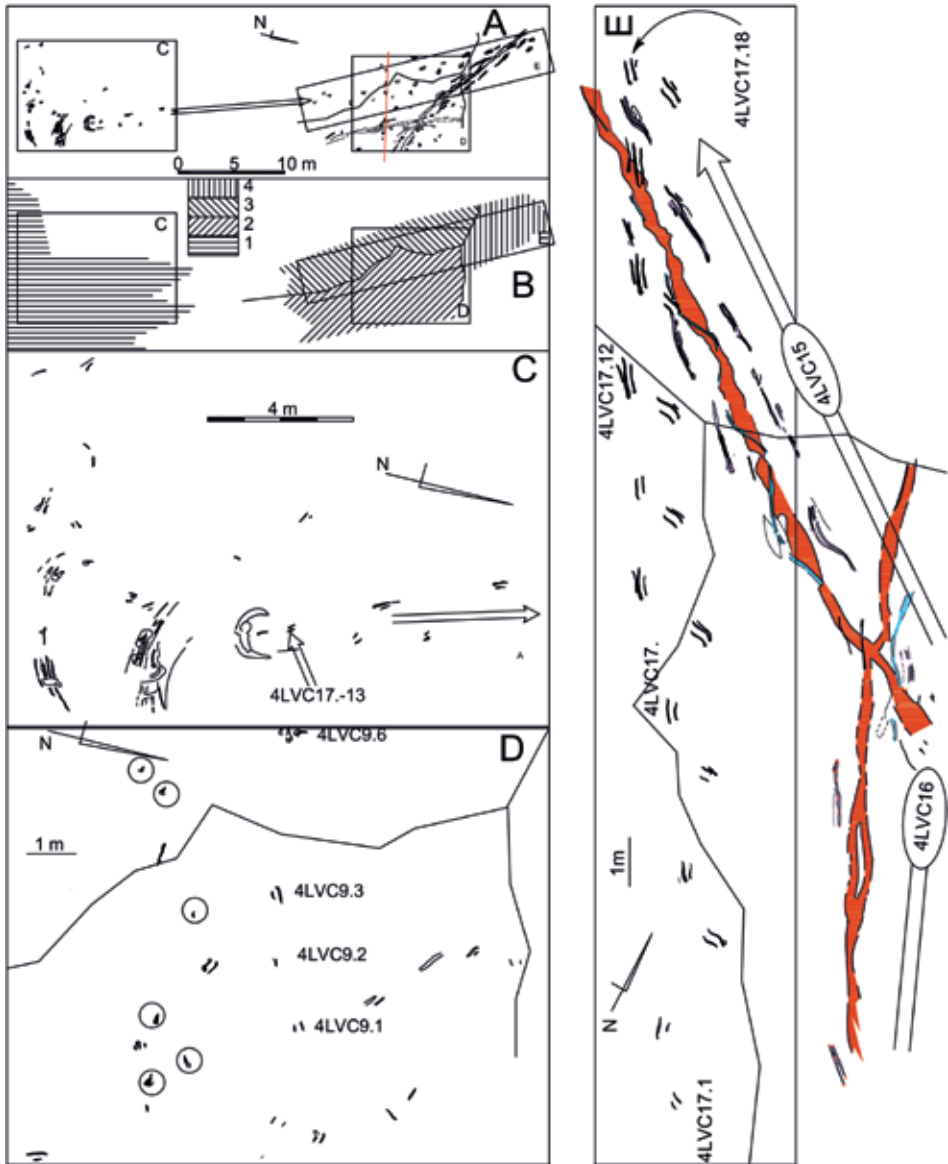


Figura 17. Yacimiento de la Virgen del Campo. A, sector del yacimiento en el que están incluidas las marcas de natación. B, etapas (años) en los que se hizo la limpieza de los diversos sectores. 1//2//3//4 =1989//1995//2001//2009. C, parte occidental de 4LVC en donde comienza la rastrillada 4LVC12 junto con la representación de unas estructuras concéntricas de origen desconocido y otras marcas de ñadas. D, 4LVC sin los rastros 4LVC12 (de natación de un dinosaurio) 4LVC15 y 4LVC16 descritos como de seminatación de cocodrilos; dos secuencias de ñadas una ya descrita (4LVC9) y otra formada por las marcas de un dedo encerradas en los círculos. E, detalle de una parte de la rastrillada 4LVC17 y las pistas 4LVC15 y 4LVC16. En las pistas de cocodrilo se distinguen las marcas de propulsión (arrastré) en los laterales, las de deslizamiento del vientre (rojo) y las de arrastre de la cola (azul).

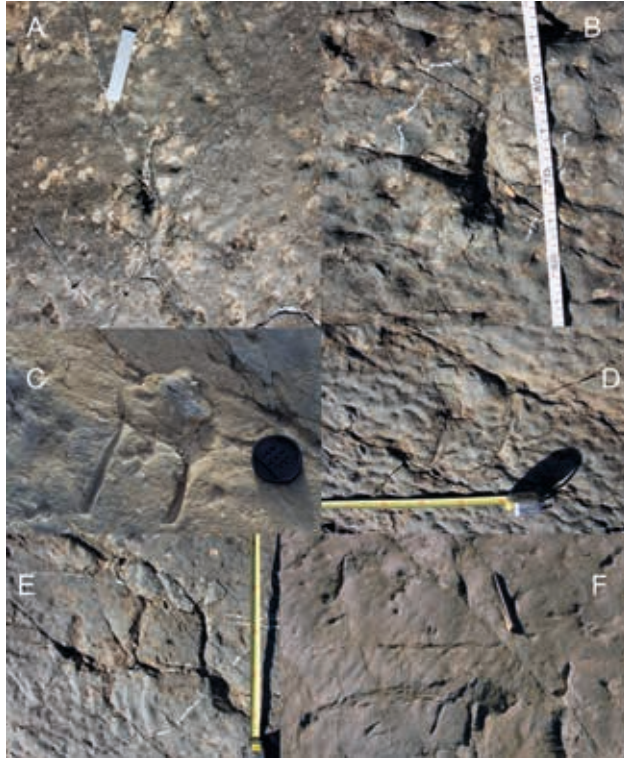


Figura 18. Marcas de uñas. De un dedo (A, LVC; B, 4LVC); de dos dedos (C, LVC; D, 4LVC); de tres uñas (E, LVC); F sector con múltiples estructuras de uñas en el afloramiento de LVC.

secuencia tenía 15 m de larga y consta de 12 icnitas cada una de las cuales tiene un grupo de dos o tres uñas. Las uñas son acanaladuras estrechas y largas, paralelas, rectas o sinuosas que penetran bastante bajo la superficie de marcha, con un montoncito de barro en su parte trasera que interpretaron como las marcas dejadas al nadar por un dinosaurio terópodo grande. Esta rastrillada (4LVC17) es descrita en detalle por Ezquerria et al. (2007) y después mencionada por García-Ortiz y Díaz-Martínez (2008). En el año 2009 se excavó para aflorar el lugar en el que las trayectorias del dinosaurio y de uno de los cocodrilos se cruzaban (Figura 17B, trama 4), concluyendo que el dinosaurio pasó por el lugar después que el cocodrilo, de manera que no se cruzaron en el camino. A raíz de esta excavación (Costeur et al., 2011; Ezquerria et al., 2010) aumentaron tanto la longitud de la rastrillada (a 22 m) como los grupos de uñas (a 18 grupos). Finalmente, Pérez-Lorente (2015) amplía la longitud de la rastrillada a 40 m (Figura 17A y C) en la que falta un espacio intermedio que se ha erosionado: la rastrillada comenzaría en 4LVC17.-13 (Figura 17A y C) de forma que el yacimiento nos mostraría si estuviera completo una secuencia de 31 grupos de marcas de uñas. Todavía ni sabemos si las marcas concéntricas que se sitúan inmediatamente

al este de 4LVC17.-3 (Figura 17A y C) son parte de la actividad del mismo dinosaurio, ni tenemos la certeza de que la secuencia de natación se inicie en 4LVC17.-3.

Navarro-Lorbés (2023) y Navarro-Lorbés et al. (2023) también citan este yacimiento.

5.3. La Laguna

Descrito por Navarro-Lorbés et al. (2023), está constituido por 27 huellas (contramoldes) de natación agrupadas por su forma en siete morfotipos. Las huellas están formadas por marcas de arrastre de dedos, uñas y escamas que dejan estrías de tamaño diferente. Se atribuyen al deslizamiento de la extremidad de los dedos de los pies de un dinosaurio tridáctilo. Aunque el afloramiento es muy pequeño, la densidad de huellas es grande. No se ha podido definir ninguna secuencia de pasos producida por un mismo icno-poyeta.

CONCLUSIONES

Los yacimientos de La Rioja, gracias a las nuevas prospecciones y a las revisiones de los trabajos antiguos, siguen aumentando tanto en número como en caracteres de interés respecto al tipo de icnitas que contienen y a las interpretaciones que de ello se obtienen.

El número de marcas subacuáticas en los yacimientos de La Rioja es grande en comparación con lo que se ha venido suponiendo en algunas publicaciones recientes. Podemos afirmar que, si se aborda el estudio de las uñadas, marcas de dedos y huellas con señales de deslizamiento en el barro, aunque solamente sea en los yacimientos de la Virgen del Campo y de El Villar-Poyales, el número y tipo de huellas y otras marcas bajo el agua de tetrápodos en La Rioja aumentará considerablemente.

Se aumenta la amplitud estratigráfica con yacimientos de este tipo. Hasta hace poco tiempo, las huellas subacuáticas de tetrápodos en La Rioja se ubicaban solamente en el Grupo de Enciso (Barremiense-Albiense). Los trabajos de Navarro Lorbés et al. (2023) añaden el yacimiento de La Laguna de Cameros del Grupo de Urbión (Hauteriviense-Barremiense) y en este trabajo se incluye también al Grupo de Oncala (Berriasiense-Hauteriviense) con el yacimiento de La Cela.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dirección General de Cultura del gobierno de La Rioja la autorización para la realización de este trabajo. También agradecemos a los revisores del trabajo sus correcciones, anotaciones y sugerencias gracias a los cuales se han suprimido errores y se ha clarificado la lectura. Uno de nosotros (E.G.O.) quiere agradecer a I.D.M. y a A.J.V., su ayuda en el trabajo de campo durante esta y otras prospecciones de su tesis doctoral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, M.I., Caro, S., Pérez-Lorente, F., Requeta, E. y Romero, M. (1999). Paleoichnological sites in La Rioja: some examples in Enciso, Igea and Munilla. En *The Geological and Paleontological Heritage of Central and Eastern Iberia (Iberian Range, Spain)*. *Seminario de Paleontología de Zaragoza*, 4, 51-74.
- Boudchiche, L., Masrour, M., Boutakiout, M., Hamzaoui, L., Herrero Gascón, J. y Pérez-Lorente, F. (2017). Jarrate lbel: New Upper Cretaceous continental site in Morocco. A probable ornithischian non-ornithopod trackway and three amble gait titanosauriform trackways. *Geogaceta*, 61, 19-22.
- Boutakiout, M., Hadri, H., Nouri, J., Diaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F. (2009). Rastrilladas de icnitas terópodos gigantes del Jurásico Superior (Sinclinal de Iouaridène, Marruecos). *Revista española de paleontología*, 24, 31-46.
- Boutakiout, M., Masrour, M. y Pérez-Lorente, F. (2020). New sauropod morphotype definition in the oriental section of Imilchil megatracksite, High Atlas (Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103664>
- Casanovas, M.L., Ezquerro, R., Fernández, A., Pérez-Lorente, F., Santafé, J.V. y Torcida, F. (1992). Un grupo de saurópodos en el yacimiento Soto 2. La Rioja (España). *Zubía*, 40, 45-52.
- Casanovas, M.L., Ezquerro, R., Fernández, A., Pérez-Lorente, F., Santafé, J.V. y Torcida, F. (1993). Icnitas digitígradas y plantígradas de dinosaurios en el afloramiento de El Villar-Poyales. (La Rioja, España). *Zubía monográfico*, 5, 135-163.
- Casanovas, M.L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé, J.V. (1989). Huellas de dinosaurios de La Rioja. Yacimientos de Valdecevilla, La Senoba y de La Virgen del Campo. *Ciencias de la Tierra*, 12, 1-190.
- Casanovas, M.L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé, J.V. (1995). Icnitas terópodos y saurópodos en La Cella, Muro de Cameros (La Rioja, España). En: *Huellas fósiles de dinosaurios de La Rioja: nuevos yacimientos*. Ed. Instituto de Estudios Riojanos. *Ciencias de la Tierra*, 18, 17-24.
- Casanovas, M.L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé, J.V. (1996). Itinerario por pisadas de dinosaurio en los alrededores de Enciso. En: *Excursiones Geológicas por La Rioja* (Pérez-Lorente, F., coord.). *Ciencias de la Tierra*, 19, 89-100.
- Casanovas, M.L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé, J.V. (1998). Ocho nuevos yacimientos de huellas de dinosaurio. *Zubía*, 16, 117-152.
- Castanera, D., Barco, J.L., Canudo, J.I. y Pascual, C. (2010). Aproximación a la diversidad de morfotipos de icnitas de saurópodo en la Aloformación Huérteles (Berriasiense) en Soria (España). En: *Actas del VIII Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología* (Moreno-Azanza, M., Díaz-

- Martínez, I., Gasca, J.M., Melero-Rubio, M., Rabal-Garcés, R. y Sauqué, V., coords.). *Cidaris*, 30, 91-98.
- Castanera, D., Santos, V. dos, Piñuela, L., Pascual, C., Vila, B., Canudo, J.I. y Moratalla, J.J. (2018). Iberian sauropod tracks through time: variations in sauropod manus and pes track morphologies. En: *Dinosaur Tracks. The Next Steps* (Falkingham, P.L., Marty, D. y Richter, A., eds.), Indiana University Press, 120-137.
- Costeur, L., Ezquerro, R., Doublet, S., Galton, P. y Pérez-Lorente, F. (2007). Swimming non-avian theropod dinosaur trackway from the Lower Cretaceous of Spain. En: *5th Meeting of the European Association of Vertebrate Paleontologists. 12th European Workshop of Vertebrate Palaeontology*. Carcassonne-Espérasa, May 15-19, Abstract Volume, 16.
- Costeur, L., Ezquerro, R., Rouseau, M. y Pérez-Lorente, F. (2011). Les traces sub-aquatiques de vertébrés du Crétacé inférieur de La Rioja (basin de Cameros, Espagne) état des lieux. *Association Paléontologique Française*. Lille. Poster
- Díaz-Martínez, I., Pereda-Suberbiola, X., Pérez-Lorente, F. y Canudo, J.I. (2015.) Ichnotaxonomic Review of Large Ornithopod Dinosaur Tracks: Temporal and Geographic Implications. *PLoS ONE* 10(2): e0115477. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115477>
- Doublet, S. (2004). *Contrôles tectonique et climatique de l'entregistrement stratigraphique dans un bassin continental de rift: le bassin de Cameros*. These de doctorat Université de Bourgogne. Memoria inédita, 497 pp.
- Ezquerro, R., Costeur, L., Doublet, S., Galton, P.M. y Pérez-Lorente, F. (2004). Lower Cretaceous swimming theropod trackways from “La Virgen del Campo” (La Rioja, Spain). En: *Paleontological Association Annual Meeting*. Lille. Diciembre 2004. Resúmenes, p. 150.
- Ezquerro, R., Costeur, L. y Pérez-Lorente, F. (2010). Los dinosaurios también nadaban. *Investigación y ciencia* (diciembre), 2-8.
- Ezquerro, R., Doublet, S., Costeur, L., Galton, P.M. y Pérez-Lorente, F. (2007). Were non-avian Theropod dinosaurs able to swim? Supportive evidence from an Early Cretaceous trackway, Cameros Basin (La Rioja, Spain). *Geology*, 35, 507-510.
- Ezquerro, R., Pérez-Lorente, F., (2002). Reptiles nadadores en el sector oeste del yacimiento 4LVC. La virgen del Campo (Enciso. La Rioja. España). En *Congreso internacional sobre dinosaurios y otros reptiles mesozoicos en España*. (Pérez-Lorente, F. coord.). *Resúmenes*. p. 16.
- Ezquerro, R. y Pérez-Lorente, F. (2003). Reptiles nadadores en el sector oeste del yacimiento de la Virgen del Campo (4LVC, Enciso. La Rioja. España). En: *Excursiones Geológicas por La Rioja* (Pérez-Lorente, F., coord.). *Ciencias de la Tierra*, 26, 215-224.
- Farlow, J.O. (1992). Sauropod tracks and trackmakers: integrating the ichnological and skeletal record. *Zubia*, 10, 89-138

- Foster, J.R. y Lockley, M.G. (1997). Probable crocodylian tracks and traces from the Morrison Formation (Upper Jurassic) of eastern Utah. *Ichnos*, 5, 121-129
- García Ortiz de Landaluce, E. (2016). *Análisis de los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja (N de España) como recurso patrimonial y aplicación de nuevas tecnologías a su estudio*. Tesis doctoral Universidad de León. 540 pp.
- García Ortiz, E. y Díaz-Martínez, I. (2008). Aportaciones de algunos yacimientos representativos de La Rioja al estudio del comportamiento de los dinosaurios. *Palaeontologica nova, SEPAZ*, 8: 207-219.
- Gatesy, S.M., Middleton, K.M., Jenkins, F.A.J. y Shubin, N.H. (1999). Three-dimensional preservation of foot movements in Triassic theropod dinosaurs. *Nature*, 399, 141-144.
- Hernández, A., Ramírez, J.L., Olivé, A., Alonso, M., Ramírez del Pozo, J., Aguilar, M.J. y Meléndez, A. (1990). *Mapa geológico de España, E. 1:50.000. Hoja nº 242 MUNILLA*. ITGE, Hoja y Memoria.
- Lockley, M.G., Farlow, J.O. y Meyer, C.A. (1994). *Brontopodus* and *Parabrontopodus* ichnogen. nov. and the significance of wide- and narrow-gauge sauropod trackways. *Gaia*, 10, 135-146.
- Lockley, M.G. y Foster, J.R. (2006). Dinosaur and turtle tracks from the Morrison Formation (Upper Jurassic) of Colorado National Monument, with observations on the taxonomy of vertebrate swim tracks. En: *Paleontology and geology of the Upper Jurassic Morrison Formation* (Foster, J.R. y Lucas, S.G., eds.). New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 36, 193-198.
- Lockley, M.G., Fanelli, D., Honda, K., Houck, K. (2010). Crocodile waterways and dinosaur freeways. Implication on multiple swim track assemblages from the Cretaceous Dakota Group. En: *Crocodyle tracks and traces* (Milan, J., Lucas, S.G., Lockley, M.G. y Spielmann, J.A., eds.). *New Mexico museum of natural history and science bulletin*, 51, 157-136.
- Masrour, M., Boutakiout, M., Herrero Gascón, J., Sáinz Ruiz de Zuazo, J.L., Ochoa Martínez, R., Pérez-Lorente, F. (2020). Footprints of *Batrachopus* isp. from the Imilchil megatracksite, Middle?-Upper Jurassic, Central High Atlas (Morocco). *Journal of African Earth Sciences*. 172, <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103980>
- Masrour, M., Boutakiout, M., Mínguez Cenicerros, J., Roland, T. y Pérez-Lorente, F. (2023). Morphometric and biomorphic variability of theropod footprint characters from Imilchil tracksites (Mid?-Late Jurassic, Central High Atlas, Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, 207, 105048. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2023.105048>
- Mínguez Cenicerros, J., Farlow, J.O., Masrour, M., Extremiana J.I., Boutakiout, M. y Pérez-Lorente, F. (2022). Demographic interpretation of colossal theropod footprints discoveries from Imilchil (Mid-Jurassic, Central High

- Atlas, Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, 193, 104595. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104595>
- Moratalla, J. (1993). *Restos indirectos de dinosaurios del registro español: paleoicnología de la Cuenca de Cameros (Jurásico superior-Cretácico inferior) y paleoología del Cretácico superior*. Tesis Universidad Autónoma. Madrid. Memoria inédita. 729 pp.
- Moratalla, J.J. y Hernán, J. (2005). Field trip guide to the la Rioja fossil tracksites. *International symposium on dinosaurs and other vertebrates paleoichnology*. 31 pp.
- Moratalla, J.J. y Hernán, J. (2009). Turtle and pterosaur tracks from the Los Cayos dinosaur tracksite, Cameros basin (Cornago, La Rioja, Spain): tracking the Lower Cretaceous bio-diversity. *Revista Española de Paleontología*, 24, 59-77.
- Moreno-Azanza, M., Gasca, J.M., Díaz-Martínez, I., Bauluz, B., Canudo, J.I., Fernández, A. y Pérez-Lorente, F. (2016). A multi-ootaxic assemblage from the Lower Cretaceous of the Cameros Basin (La Rioja, Northern Spain). *Spanish Journal of Paleontology*, 31, 305-320. <https://doi.org/10.7203/sjp.31.2.17158>
- Navarro, A., Villalón, C. y Trigueros, E. (1958). *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, ANGUIANO*. Instituto Geológico y Minero de España. Hoja y Memoria.
- Navarro Lorbés, P. (2023). *Aportaciones de los estudios icnológicos al comportamiento y locomoción de dinosaurios no avianos*. Tesis doctoral Universidad de La Rioja. 267 pp.
- Navarro-Lorbés, P., Díaz-Martínez, I., Valle-Melón, J.M., Rodríguez, A., Moratalla, J.J., Ferrer-Ventura, M., San Juan-Palacios, R. y Torices, A. (2023). Dinosaur swim tracks from the Lower Cretaceous of La Rioja, Spain: an ichnological approach to non-common behaviours. *Cretaceous Research*, 105516. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2023.105516>.
- Pérez-Lorente, F. (1994). Icnitas en Enciso, Igea y Munilla. *Estrato, Revista riojana de arqueología*, 6, 94-95.
- Pérez-Lorente, F. (1996). Actividades del verano de 1995. *Estrato*, 7, 119-122.
- Pérez-Lorente, F. (2001a). *Paleoicnología. Los dinosaurios y sus huellas en La Rioja*. Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja. 227 pp.
- Pérez-Lorente, F. (2001b). Experiences of geoconservation in La Rioja (Spain). En: *Geological Heritage, Its conservation and management* (Barettino, D., Wimbledon, W.A.P., Gallego, E., eds.). I.G.M.E., Madrid, 165-182.
- Pérez-Lorente, F. (2003). Icnitas de dinosaurios del Cretácico en España. En *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*. (Pérez-Lorente, F., coord.). *Ciencias de la Tierra*, 26, 49-108.

- Pérez-Lorente, F. (2005). El trabajo con las huellas de dinosaurios. *Tierra y Tecnología*, 28, 64-77.
- Pérez-Lorente, F. (2011). Dinosaur footprints of Enciso and Cornago, and pyrites from Navajún. En: *History of research on mineral resources* (Ortiz, J.E., Puche, O., Rábano, I. y Mazadiego, L.F., eds.). Cuadernos del Museo Geominero, 13, 364-368.
- Pérez-Lorente, F. (2015). *Dinosaur footprints and trackways of La Rioja*. Series: Life of the past (Farlow, J.O., ed.). Indiana University Press, 376 pp.
- Pérez-Lorente, F. (2017). Developments and contributions in the study of La Rioja dinosaur footprints (Spain). [Evolución y aportaciones del estudio de las huellas de dinosaurio de La Rioja (España)]. *Spanish Journal of Palaeontology*, 32 (1), 171-184.
- Pérez-Lorente, F., Romero-Molina, M.M., Requeta, E., Blanco, M. y Caro, S. (2001). Dinosaurios. Introducción y análisis de algunos yacimientos de sus huellas en La Rioja. *Ciencias de la Tierra*, 24, 102 pp.
- Requeta Loza, E., Hernández Medrano, N. y Pérez-Lorente, F. (2006-2007). La Pellejera: descripción y variabilidad de un yacimiento con huellas de dinosaurio de La Rioja (España). *Zubía Monográfico*, 18-19, 21-114.
- Requeta-Loza, E., Colina, A., Fernández Ortega, A., Pereda Olásolo, J.C. y Pérez-Lorente, F. (2022). Huellas saurópodos colosales en el Cretácico Inferior de la Cuenca de Cameros. Soto en Cameros (La Rioja). *Zubía*, 40, 59-76.
- Romero Molina, M.M., Pérez-Lorente, F. y Rivas, P. (2003). Análisis de la parataxonomía utilizada con las huellas de dinosaurio. En: *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos en España* (Pérez-Lorente, F. ed.). *Ciencias de la Tierra*, 26, 13-32.
- Thulborn, R.A. (1990). *Dinosaur Tracks*, Chapman and Hall. 1-410.
- Thulborn, T. (2017). Behaviour of dinosaurian track-makers in the Winton Formation (Cretaceous, Albian–Cenomanian) at Lark Quarry, Western Queensland, Australia: Running or swimming? *Ichnos*, 24(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/10420940.2015.1129326>
- Thulborn, R.A. y Wade, M. (1989). A footprint as a history of movement. En: *Dinosaurs Tracks and Traces* (Gillette, D.D. y Lockley M.G., eds.). Cambridge University Press, pp. 51-56.
- Tischer, G. (1966). Über die Wealden Ablagerung und die Tektonik der Östlichen Sierra de los Cameros in den nordwertlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Beihfte Geologisches Jahrbuch*, 44, 122-183.
- Weems, R. (2006). Locomotor speeds and patterns of running behavior in non-maniraptoriform theropod dinosaurs. En: *The Triassic-Jurassic terrestrial transition* (Harris, J.D., Lucas, S.D., Spielmann, J.A., Lockley, M.G., Milner, A.R.C. y Kirkland, J.I., eds.). New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 37, 379-389.

- Whyte, M.A. y Romano, M. (2001). A dinosaur ichnocoenosis from the Middle Jurassic of Yorkshire, UK. *Ichnos*, 8, 223-234.
- Xing, L.D., Harris, J.D., Feng, X.Y. y Zhang, Z.J. (2009). Theropod (dinosauria: saurischia) tracks from lower cretaceous yixian formation at sihetun village, liaoning province, China and possible track makers. *Geological Bulletin of China*, 28, 705-712.
- Xing, L.D., Klein, H., Lockley, M.G., Wu, X., Bentonf, M.J., Zeng, R. y Romilio, A. (2020). Footprints of marine reptiles from the Middle Triassic (Anisian-Ladinian) Guanling Formation of Guizhou Province, southwestern China: The earliest evidence of synchronous style of swimming. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 558, 109943. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109943>

EL ROL DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA EN LA AGROINDUSTRIA RIOJANA EN EL MARCO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

PEDRO MUÑOZ^{1*}, CARLOS GONZÁLEZ-MENORCA¹,
REBECA SÁNCHEZ-VÁZQUEZ¹, NURIA CANDELA (†)

RESUMEN

El sector agroalimentario está en constante evolución y actualmente enfrenta retos derivados de la necesidad de hacer de la sostenibilidad, un sello reconocible de su gestión productiva. Así, la adecuada gestión de residuos y vertidos ha cobrado gran relevancia desde el punto de vista legislativo, pero también desde el punto de vista operativo y de mercado. Este artículo evalúa la potencialidad de los residuos orgánicos producidos por esta industria, como fuente de generación de biocombustible (i.e. biometano). Para ello, se han recabado datos primarios y tomado muestras in situ para su análisis. En una primera aproximación que deberá actualizarse y mejorarse, se ha estimado que la región tiene un potencial de generación de energía primaria de hasta 200 GWh anuales, que supondrían una importante contribución a la independencia energética de la región, el cuidado del medio ambiente y la generación de valor añadido para empresas y localidades rurales.

Palabras clave: *Biometano, Agroalimentaria, Residuos, La Rioja, Potencial.*

The agri-food sector is permanently evolving and nowadays is facing important challenges derived from sustainability policies and market requirements. Hence, the proper management of residues and effluents has become a key factor not only due to the laws in force, but also because of view of operation efficiency and market requirements, as well. Thus, this paper assesses the potential use of the organic waste generated by agroindustry, in La Rioja, as a source of biofuel generation. For such purpose, primary data have been directly collected from factories and the stream wastes have been sampled and characterized. Despite this study must be further developed, until now, collected data leads to theoretically estimate that the region might

1. Universidad Internacional de La Rioja, Av. de la Paz, 137, 26006 Logroño, La Rioja.

* Corresponding author: pedro.munoz@unir.net

produce up to 200 GWh per year. This value poses an important contribution to the region's energy independence, the improvement of the environmental footprint and the generation of added value for companies and rural localities.

Keywords: Biomethane, food, Waste, La Rioja, Potential.

1. INTRODUCCIÓN

La valorización y el reciclaje de residuos y subproductos de la industria alimentaria (RSIA) suponen un reto cada vez más urgente a nivel mundial (Federici et al., 2009; Murthy and Naidu, 2012; Ahmed et al., 2019). Los subproductos, desechos y efluentes del procesamiento de los alimentos están compuestos principalmente de proteínas, azúcares y lípidos junto con otro tipo de compuestos como aromáticos y alifáticos. A partir de esta composición, en los últimos años, los investigadores han visto la oportunidad de emplear estos flujos de RSIA como una fuente de materias primas, baratas y abundantes, para la síntesis de energía, productos químicos y/o biomateriales de alto valor añadido (Chandrasekhar, 2020).

A pesar de que los RSIA pueden desempeñar, por lo anterior, un papel fundamental en una economía cada vez más tendente al modelo circular, en muchos países, todavía son considerados un problema en lugar de un recurso (Malinauskaitė et al., 2017; Scarlat et al., 2019).

En particular, bajo una coyuntura internacional de fuertes presiones para la disminución de la dependencia de fuentes de energía fósil, la Comisión Europea afirma que la economía circular mediante el empleo de residuos para la obtención de energía (i.e. Waste-to-Energy, WtE) puede favorecer la contribución de las empresas a la descarbonización, en línea con la Estrategia de la Unión Europea y el acuerdo de París (European Commission, 2017).

Egea et al. (2018) describen los esfuerzos e iniciativas actuales para acoplar el complejo agroindustrial existente en Almería (España) con el de un modelo de bioeconomía totalmente sostenible, incluyendo en los procesos el concepto de biorrefinería a partir de los residuos obtenidos. En su estudio consideran que la reducción de residuos y la valorización de la biomasa son las principales carencias en el clúster agroindustrial de la horticultura en la región de Almería.

Los subproductos orgánicos del sector agroalimentario presentan un elevado potencial para producir energía a través de la degradación anaeróbica de la materia orgánica, debido a sus características: elevado contenido de humedad (i.e. entre el 72 y el 85,2 %), alta concentración de sustrato (i.e. demanda química de oxígeno entre 19,3 y 346 g/L; contenido de carbohidratos entre 25,5 y 143 g/L) y una elevada relación carbono/nitrógeno (C: N) (i.e. entre 9 y 21) (Yasin et al., 2013).

En esta ruta del WtE, existen varias alternativas para la transformación de la materia orgánica en energía que se agrupan en dos grandes familias: tecnologías termoquímicas y bioquímicas (Qi et al., 2022).

En general, las plantas de digestión proporcionan un plan financiero más atractivo, aunque de menor capacidad instalada. Es por ello que los criterios de viabilidad suelen decantarse por esta tecnología para zonas con una baja intensidad de generación, mientras que las plantas termoquímicas son las preferidas para zonas de alta densidad de producción (Hadidi et al., 2017). Por esta razón, en la comunidad de La Rioja, las tecnologías basadas en la acción microbiana pueden suponer una mayor contribución tanto para la gestión de residuos como para la descentralización y diversificación de la matriz energética.

Estos procesos se basan en un consorcio de microorganismos que, tras sucesivas etapas, transforman la materia orgánica en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) (Figura 1).

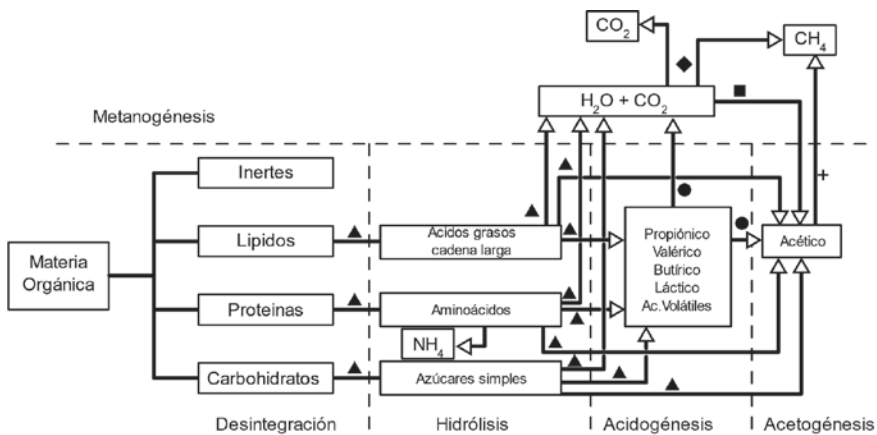


Figura 1. Procesos y familias de bacterias involucradas en la transformación de la materia orgánica en metano (▲) Bacterias hidrolíticas-acidogénicas, (●) Bacterias acetogénicas, (■) Bacterias homoacetogénicas, (◆) Bacterias metanogénicas-hidrogenófilas y (+) Bacterias metanogénicas-acetoclásticas.

Sin embargo, aunque se hable de fases diferentes, la realidad del proceso es que la actividad de cada grupo de bacterias resulta influyente en el resto de los grupos, configurándose un ecosistema microbiano. Así pues, la fragmentación de los compuestos de cadena larga a cargo de las hidrolíticas acidogénicas permite la reacción de acetogénesis. De ahí, el acetato, el H_2 y el CO_2 posibilitan la metanogénesis que es la encargada de retirar el hidrógeno molecular del medio, de manera que no se inhiba la reacción de la acetogénesis (Mühl et al., 2022).

Por lo anterior, se deduce que las características fisicoquímicas de cada subproducto agroalimentario son importantes en el diseño y operación de

las diferentes rutas para la producción de biometano. El rendimiento específico de cada sistema dependerá de diferentes parámetros operativos como el pre-tratamiento de la materia (e.g. tamaño de partículas, contenido de fibras) o las condiciones de la reacción (e.g. temperatura, pH, cantidad de carga orgánica, etc.). No obstante, para el cálculo teórico de la cantidad de energía disponible por residuo, se suelen emplear diferentes aproximaciones teóricas que han dado buen resultado empírico (Pramanik, 2022).

2. METODOLOGÍA

2.1. Inventario de empresas y residuos

La metodología aplicada se ha basado en la recogida de información de fuentes primarias (i.e. las propias empresas), la recogida y análisis de muestras y la estimación, a partir de estos parámetros de la producción potencial de biometano. Del universo de empresas riojanas existentes se ha llevado a cabo una clasificación según actividades y, sobre estas categorías, se ha procedido al contacto con empresas líderes de cada subcategoría. Para ello se realizó un inventario de las empresas sitas en la Comunidad Autónoma de La Rioja (CAR) mediante la consulta de la base de datos SABI. Dentro de los diferentes sectores económicos participantes en la cadena agroalimentaria, se han considerado sólo aquellos cuya actividad productiva está relacionada con la elaboración y procesado de materias vegetales o animales. Es decir, se han excluido aquellas explotaciones cuyo proceso consiste en el mero envasado o etiquetado de productos, habida cuenta de que no generan flujos de residuos de relevancia. Igualmente, los sectores del transporte o de la fabricación de envases o útiles para las industrias transformadoras, tampoco han sido considerados.

Siguiendo el informe de la industria alimentaria, realizado la década pasada, se han empleado dos grandes grupos de clasificación: residuos de origen animal y residuos de origen vegetal. A su vez los restos de origen animal se han subdividido en residuos derivados de la industria del pescado, la carne y los productos lácteos. Por su parte, los residuos vegetales consideran el procesado de frutas y verduras, los productos oleicos y la industria de las bebidas (e.g. vino, cervezas, zumos, etc.). Según este informe, en la década pasada estos sectores tenían el peso relativo, en términos de generación de residuos, que se observa en la figura 2.

El estudio de la población, de cada sector identificado, se realizó a través de la caracterización de las muestras seleccionadas para dicho sector. Así, con la información del subconjunto de individuos se infirió la característica de toda la población correspondiente (Figura 3).

Para cada sector, se ordenaron las empresas y se seleccionó una muestra aleatoria simple como inicio del método. En caso de que las empresas seleccionadas aleatoriamente se negaran a participar se volvió a obtener de forma aleatoria una muestra, eliminando de los individuos aquellas cuya negativa se constató.

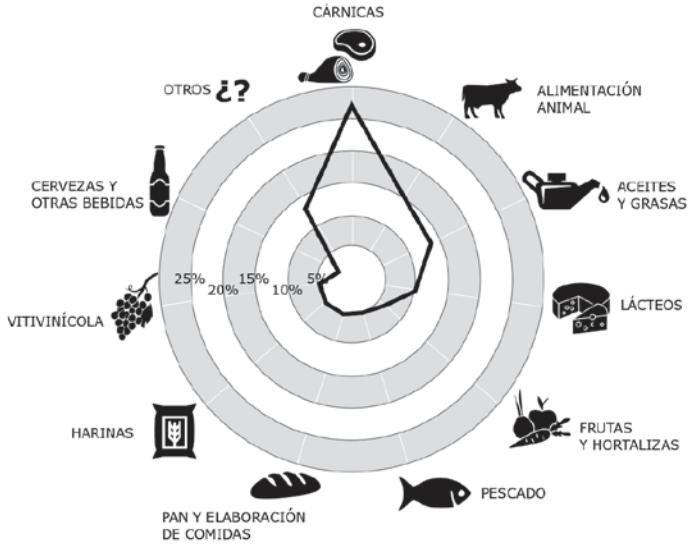


Figura 2. Clasificación de fuentes de generación de residuos según informe de la industria alimentaria 2010-2011.

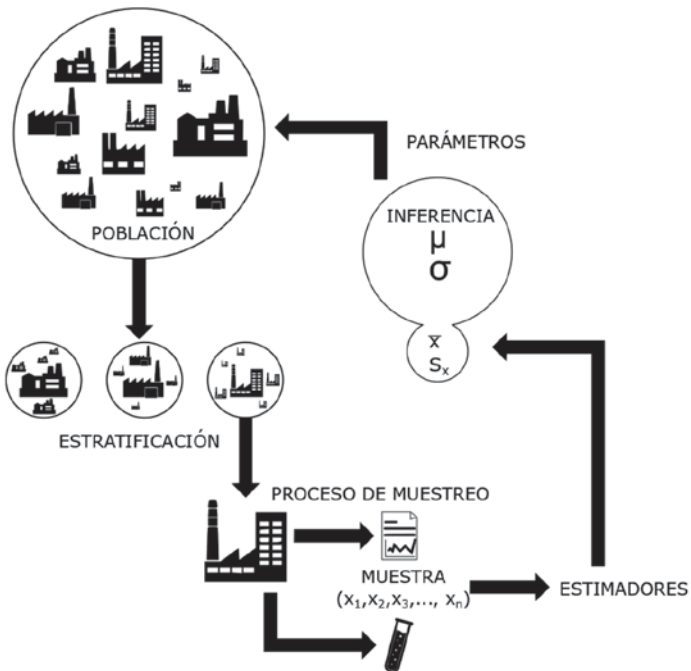


Figura 3. Esquema de la metodología estadística para la determinación del potencial global. (Fuente: Elaboración propia)

Así, con el proceso de muestreo completo, se obtuvo un resultado expresado en m^3 o toneladas que se intensificó dividiéndolo por la facturación de cada empresa (i.e. $\text{m}^3 \text{€}^{-1}$ o $\text{Ton} \text{€}^{-1}$). Esta variable sirvió para, con los datos de facturación de las empresas riojanas de cada sector, se infiriese la cantidad de residuo disponible.

2.2. Toma de muestras de campo

El plan de muestreo se realizó en base a la norma UNE-EN 14899:2007. En primer lugar, se coordinó con cada empresa participante unas fechas de toma tal que las producciones fueran representativas. Así, se estableció un intervalo de toma de muestras teniendo en cuenta las fuentes de variabilidad temporal (i.e. cíclica y aleatoria). Por ello, se evitó tomar muestras durante los procesos de cambio de producción/producto o en aquellos casos en los que imprevistos de cualquier naturaleza afectasen a la subpoblación del residuo accesible.

Para cada caso se definió la población global (i.e. cantidad total de residuo o subproducto anual), la población (i.e. cantidad total de residuo o subproducto en la fecha de inspección) y la subpoblación (i.e. cantidad tomada de la entrada al depósito, almacén o contenedor de residuo). La subpoblación para el ensayo se conformó a partir de fracciones elementales de 200 mL -para el caso de líquidos y lodos- y 250 g para el caso de sólidos. El procedimiento de toma de muestras se basó en lo dispuesto en la norma UNE/CEN/TR 15310-2.

2.3. Análisis de muestras de campo

Con el objetivo de caracterizar la calidad de los residuos y subproductos, en términos de potencial generación energética, se ha llevado a cabo el análisis de las muestras de las diferentes empresas colaboradoras, en laboratorio.

Tabla 1. Relación de ensayos y normativa de referencia. (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Norma de ensayo
Proteínas	REGLAMENTO (CE) 152/2009
Hidratos de Carbono	UV-VIS
Grasas	REGLAMENTO (CE) 152/2009
Sólidos Volátiles	Incineración 900°C
Cenizas	Incineración 550°C
Fósforo Total	UV-VIS
Nitrógeno Total Kjeldahl	UNE25663 Kjeldahl
Potasio Total	UV-VIS
Materia Orgánica Total	ISO 10694

Las muestras, como se ha comentado, se trasladaron en un tiempo máximo de 12 horas y se conservaron en el laboratorio hasta su análisis, siguiendo las recomendaciones dadas por la norma CEN/TR 15310-4:2006.

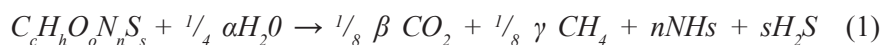
Los parámetros analizados y las normas bajo las cuales se han llevado a cabo los ensayos figuran en la tabla 2.

Además, se determinó el contenido total de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre mediante norma ISO 21663:2021 y se calculó el contenido de oxígeno mediante la sustracción estos parámetros. Las muestras se prepararon conforme a lo descrito en la norma ISO 21646.

La humedad de las muestras se determinó mediante UNE-EN ISO 21660-3:2021 por el método de secado en estufa.

2.4. Determinación del potencial energético

Los datos se han estimado en base a la ecuación de Buswell (1) ampliamente utilizada para la predicción del potencial metano producible por una biomasa determinada. Esta fórmula se fundamenta en la composición química elemental de la materia orgánica del sustrato de modo que se puede resolver la siguiente reacción RedOx balanceada (1).



Donde:

$$\alpha = 4c - h - 2o + 3n + 2s \quad (2)$$

$$\beta = 4c - h + 2o + 3n + 2s \quad (3)$$

$$\gamma = 4c + h - 2o - 3n - 2s \quad (4)$$

Desde este punto de vista, la determinación del contenido de grasas i.e. $C_{16}H_{32}O_2^b$, proteínas i.e. $C_{13}H_{25}O_7(N_3S)^c$ e hidratos de carbono i.e. $(CH_2O)_n^a$ del sustrato aporta información de gran utilidad para una evaluación preliminar de su potencial. De acuerdo con estos componentes, el valor teórico de la producción de biogás y del metano contenido, pueden ser estimados según se indica en la norma VDI 4630 y se resume en la tabla 3.

Tabla 2. Factores de conversión para la determinación del potencial de generación.

Elemento	Biogás [NL kg _{sv} ⁻¹]	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]
Grasas	1390	72	28
Carbohidratos	746	50	50
Proteínas	800	60	40

Sin embargo, esta formulación no tiene en cuenta la reducción de la producción derivada de la cantidad de material no-biodegradable presente en el sustrato y del propio consumo energético de los cultivos bacterianos intervinientes. En este sentido y con objeto de reportar cantidades más ajustadas

a la realidad, se ha tenido en cuenta un coeficiente de minoración, según se indica en la norma VDI 4630 y ha sido corroborado por diferentes autores (Drosg et al., 2013). Así, para las producciones a partir de los valores de grasas y carbohidratos de origen animal se considera una producción del 85 %, mientras que el valor resultante de producción, para los mismos elementos de origen vegetal se han reducido hasta un 60%. Para el caso de las proteínas la norma VDI 4630 establece un valor del 70 % para ambos orígenes.

Una vez obtenidas las cantidades de CH₄ teóricas y, aplicados los factores de reducción en base a la parte no biodegradable, se ha considerado un potencial de 10 kWh para cada metro cúbico de metano, medido en condiciones normales (1 atm, 20 °C).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Inventario de empresas

En base al inventario de empresas existentes en La Rioja se determina que el 30 % aproximadamente está relacionado con la cadena de suministros alimentarios. Dentro de este sector, la mayor cantidad de empresas se concentran en la hostelería y la restauración (51%) seguidos por el sector vitivinícola (15 %). En cuanto a la relevancia de estos sectores, la hostelería y restauración se han excluido de este estudio ya que tienen gestión directa de los residuos y vertidos, a través de los servicios municipales.

Por su parte, atendiendo al volumen de negocio que comprometen, la clasificación del peso de los sectores varía. Así, más del 70 % del total de facturación corresponde al sector vitivinícola (i.e. 32 %), seguido por la industria cárnica (i.e. 21 %) y las conservas vegetales (i.e. 18 %). Del resto de sectores destaca la contribución, nuevamente, de la hostelería con un 21 % del restante (i.e. 6 % del total), la producción de café, la elaboración de galletas y panes y la de salsas, con un 18, 12 y 7 % respecto del restante, (sobre el total el 5, 3 y 2% respectivamente).

3.2. Potencial biometano de origen animal

En cuanto al potencial desde el sector primario, los purines inventariados (i.e. restos de cama, deyecciones y resto de alimentación) suponen una importante cantidad anual de más de 345 mil toneladas. La mayor parte de este residuo proviene de la cría y engorde de la cabaña porcina (285 mil toneladas) seguida de la estabulación bovina (33 mil toneladas) y de las aves (31 mil toneladas). Cabe hacer notar que las producciones derivadas de las explotaciones ganaderas extensivas no se han tenido en cuenta debido a la imposible recolección efectiva de las deyecciones.

En la actualidad, estos purines son recogidos por agricultores de la zona y empleados como fertilizante. A pesar de su extendida práctica y sus aparentes beneficios económicos, su impacto social y medioambiental ha alcanzado niveles de alarma. Los nutrientes contenidos en el purín contribuyen a la contaminación del agua superficial, los reservorios subterráneos y

la masa oceánica a través de los procesos de eutrofización (e.g. sólo el purín de la industria porcina representa el 26% de las emisiones de NH_3 y NH_4^+ a nivel global) (Sommer et al., 2019).

En cuanto a la calidad de estos flujos de residuos, se ha comprobado que existen diferencias importantes en relación con los valores más habituales mostrados por la literatura. Así, se destaca un mayor contenido de proteínas en los purines recogidos de la cabaña bovina y en el manejo de aves (i.e. aproximadamente 30 y 40%, respectivamente). Los valores de referencia sitúan este contenido entre el 11 y el 9 % para deyecciones bovinas y restos de camas de aves (Triolo et al., 2013). La explicación de dicho incremento se atribuye a la presencia de restos de pienso sin consumir que se mezclan con las deyecciones y los restos de camas. Esta diferencia redonda en un mayor contenido de nitrógeno que reduce el ratio C:N de referencia (i.e. 19:1 y 25:1 para aves y bovino, respectivamente) hasta valores en el entorno de 10:1. Esta relación C:N es un indicativo de la viabilidad de la digestión, en tanto las bacterias consumen aproximadamente 30 veces más carbono (i.e. empleado como fuente de energía) que nitrógeno (i.e. catalizador para producción de nuevas bacterias) por lo que la relación óptima considera un rango entre 30:1 y 20:1 (Croatto-Vega et al., 2014).

A mayores, estas explotaciones de cría de ganado suministran los animales vivos a los 3 centros registrados de matanza y sacrificio de ganado que existen en La Rioja. El flujo de residuos en estos establecimientos se puede descomponer en: grasas de depuradora, vísceras, contenido gástrico, sangre y restos de carne con y sin hueso. En total se puede estimar que existen alrededor de 212 Ton/año de grasas de la depuradora, 1900 Ton/año de vísceras, 473 Ton/año de contenido gástrico, 265 Ton/año de sangre, 4.86 mil Ton/año de carne con hueso y 2.12 mil Ton/año de carne sin hueso (tendones, etc.). Este último tipo de residuo también se produce en las fábricas de elaboración de embutido o en aquellas que realizan un ulterior procesado de esta carne. El grueso de residuos manejados por esta industria transformadora se debe fundamentalmente a los despieces de magros, huesos y grasas y un agua de vertido con importante cantidad de sales disueltas. Sin atender a este último efluente, se han cuantificado en un total de 1.42 mil Ton/año de restos de grasa y 142 Ton/año de carne magra.

En general, todos estos flujos se caracterizan por elevados contenidos de grasas y proteínas. Así, en las vísceras o los restos de carne no apta para el consumo humano encontramos porcentajes de entre el 15 % y el 30% elevándose hasta el 87 % en el caso de los restos de sangre. La grasa, al margen de los restos obtenidos de los desgrasadores de depuradoras (i.e. más del 85%) suele oscilar en entre el 40 y el 60%. Este alto contenido de grasa proporciona una buena digestibilidad si bien conlleva la formación de espumas y la posibilidad de generar concentraciones de ácidos grasos volátiles que inhiban el proceso de digestión (Otero et al., 2021).

Finalmente, según el extracto del censo de vertidos autorizados (actualización de marzo de 2020) de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), los vertidos clasificados como "Industrial Piscifactoría" suponen el 68,16%

de los vertidos totales a río en la Comunidad Autónoma de La Rioja. Estas instalaciones están ubicadas en las cuencas del río Najerilla y del río Iregua.

Se pueden distinguir dos tipos de productos en el cultivo de peces de río. Por un lado, los residuos derivados de las operaciones de limpieza y descarte de los pescados. Estas operaciones generan subproductos animales no destinados para el consumo humano que suponen alrededor de 400 Toneladas al año. Por otra parte, el agua empleada para la cría de los peces, así como otros efluentes derivados del proceso son depurados generándose unos lodos que se conducen a través de un proceso de centrifugado donde se densifican hasta suponer alrededor de 450 Toneladas al año. Estos residuos se caracterizan por un elevado contenido de proteínas que varía entre el 20 y el 25% para lodos y hasta el 67% en los restos de limpieza de los peces. Para estos residuos el contenido en grasa se encuentra entre el 10 y el 15%. Este porcentaje de grasa alcanza el 70% para el agua de limpieza del viscerado de los peces. A pesar de la influencia del tipo de peces criados, la composición de su alimentación y/o la estrategia de manejo, los valores obtenidos se corresponden con los rangos publicados por otros autores (Choudhury et al., 2022). Además, las producciones teóricas de metano resultantes (i.e. 458 ml por g de sólido volátil) están en el intervalo publicado por otros autores (i.e. 300 a 500 ml por g de sólido volátil) (Kafle et al., 2013; Cadavid-Rodríguez et al., 2019).

Como resultado final, el total de metano potencialmente aprovechable de los residuos de origen animal sería de aproximadamente 190 GWh anuales, donde la mayor cantidad provendría de la cría de cerdos (aproximadamente 48%) (Figura 4).

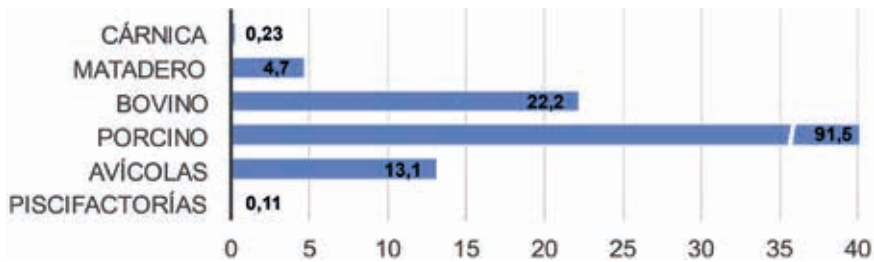


Figura 4. Potencial producción de metano de residuos de origen animal por cada subsector considerado.

3.3. Potencial biometano de origen vegetal y del procesado de comida preparada

Los flujos de residuos vegetales tienen su origen, de una parte, en los procesos de destrío, procesado y limpieza de frutas y verduras (i.e. eliminación de tallos, hojas, pieles, etc...) y, de otra parte, en los lodos generados en la depuración de las aguas de proceso. La fabricación de conservas es la actividad más extendida en la comunidad y genera la mayor parte del flujo de residuos. En total se puede estimar que existen alrededor de 745 mil

Ton/año de restos orgánicos fruto del descarte en producción, 4,9 mil Ton/año de restos de tamiz antes del sistema de depuración y 1.520 mil Ton/año de lodos de depuradora. Dentro de este sector agrícola secundario destacan por su alta intensidad las fábricas de congelados vegetales y los almacenes de fruta y verdura. La producción estimada de subproductos y residuos de la industria de la congelación de vegetales se divide en flujos de restos vegetales y lodos de los procesos de depuración. En total se puede estimar que existen alrededor de 16 mil Ton/año de restos vegetales y de 3.5 mil Ton/año de lodos de depuradora.

Por su parte, las empresas dedicadas al almacenamiento y venta de frutas y verduras suelen llevar a cabo una criba previa para garantizar la calidad que el mercado exige. Así, los productos que no cumplen con dichos estándares y no son aptos para ninguna cadena de valor (i.e. bien por su calibre o estado de conservación) se tiende a gestionar como alimentación animal. Estas empresas no procesan producto por lo que no tienen disponibles efluentes líquidos y, por tanto, carecen de sistemas de depuración. En total se puede estimar que existen alrededor de 32 mil Ton/año de diferentes tubérculos (e.g. patata, zanahoria) y frutos complejos (e.g. pera, manzana) y simples carnosos (e.g. melocotón, cereza).

Si bien los residuos sólidos son revalorizados para la alimentación animal, los lodos de depuración suponen, según las cantidades inventariadas, un importante impacto medioambiental. Los lodos se generan en las estaciones depuradoras de las que deben disponer estas empresas y que procesan efluentes con altas cantidades de sólidos en suspensión (i.e. entre 1500 y 1800 mg/L) y en ocasiones altas cargas de salmueras que proporcionan una alta conductividad. Estos lodos, si bien difieren entre productores debido a la variabilidad de las materias primas y los procesos aplicados se caracterizan, en general, por porcentajes muy bajos de grasas (i.e. inferiores al 4%) y altos contenidos en carbohidratos (i.e. hasta el 70%) con gran presencia de celulosa, lignina y otros de cadena más corta (e.g. pentosanos, hexosanos).

Esta composición suele representar un problema para la digestión anaerobia debido a que, en ausencia de cosustratos, se promueve una rápida acidificación que resulta inhibitoria de la metanogénesis. No obstante, la mezcla de diferentes sustratos (i.e. co-digestión) ha demostrado tener un efecto beneficioso, no sólo con respecto a la mejora de la continuidad de la digestión, sino también como mecanismo de maximización de la producción (Valenti et al., 2018).

Detrás de estas industrias conserveras, la elaboración del vino (i.e. actividad económica más extendida en la región y con mayor peso en el producto interior) supone la segunda mayor fuente de residuos disponible. El proceso de elaboración del vino genera diferentes tipos de residuos sólidos y vertidos líquidos que se caracterizan por su estacionalidad. Sin embargo, los residuos sólidos tienen ya establecidos canales de distribución que cuentan con barreras al cambio de tipo legislativo y que, por tanto, no permiten considerarlos (i.e. subproductos más concretamente) para procesos de generación de biogás.

En cuanto a los vertidos (i.e. aproximadamente 400.000 m³ en La Rioja) la mayor parte de los sistemas de depuración se basan en procesos aerobios provistos de filtros en los que se elimina gran parte de los hollejos, por lo que el contenido orgánico de estos efluentes es relativamente bajo. La materia orgánica remanente se almacena en balsas durante años y una vez se saturan se reciclan y espesan empleándose como abono. La producción total de este lodo alcanza las 1.800 Toneladas anuales y se emplea normalmente para el abono de terrenos agrícolas.

Estos vertidos, antes del tratamiento depurativo, según las analíticas practicadas, son susceptibles de producir hasta 250 mL de CH₄ por gramo de sólido volátil, con una relación C: N que asegura una buena operación del digestor (i.e. aproximadamente 28.3±4.1) (Rodrigues et al., 2019).

Lejos de las cantidades ofrecidas por estos subsectores, se ubica la industria del aceite. En La Rioja existen varios trujales que se concentran, principalmente en La Rioja Baja y Media. El proceso de extracción del aceite de oliva se realiza por centrifugación en todas ellas del que resultan aceite (i.e. aproximadamente 27%) y orujo (i.e. 73%) evitándose la generación del pernicioso “alpechín”. Del orujo se extraen nuevamente aceites (i.e. aproximadamente 62% del orujo) y quedan como residuos las denominadas orujillas (i.e. aproximadamente 27% del orujo) y los huesos de oliva que juntos conforman el denominado alperujo. En La Rioja se producen alrededor de 400.000 Litros de aceite que originan, de forma estacional, cerca de 380 toneladas anuales de este residuo.

En la actualidad la forma más habitual de gestionarlo consiste en su almacenamiento en grandes pilas al aire libre y su posterior aplicación directa como fertilizante. Sin embargo, los importantes valores de demanda química y biológica de oxígeno, así como las altas concentraciones de sustancias de difícil degradación (e.g. lípidos, taninos y compuestos fenólicos, entre otros) hacen que esta salida se considere nociva (Bernardi et al., 2017). De hecho, esta composición conlleva dificultades de digestión y por ello, se aconseja pretratar el residuo o mezclarlo con otros sustratos (i.e. habitualmente deyecciones ganaderas) (Mouftahi et al., 2021; Benalia et al., 2021). No obstante, existen técnicas de pretratamiento de bajo coste, como la aireación del residuo que permiten un incremento de la producción de metano de hasta 2.4 veces. Sin tener en cuenta estas técnicas, el potencial estimado en este trabajo es de aproximadamente 400 L de biometano por gramo de sólido volátil, similar al obtenido en experiencias de autores previos (Borja et al., 1995).

Por último, el sector de la comida preparada produce un sustrato óptimo para su digestión ya que en sí mismo es un mix de residuos vegetales y animales que favorece la producción de metano y la estabilidad de la digestión. En la región, la mayor producción de comida preparada está relacionada con la elaboración de productos a base de harinas (e.g. pizzas, bocadillos, emparedados, etc.). Así, se puede estimar que existen alrededor de 87 Ton/año de grasas provenientes de los sistemas de depuración, 600 Ton/año de masas de harina y 1 mil Ton/año de un mix de vegetales y derivados cárnicos. Las producciones máximas estimadas varían desde los 250 a los

450 L de CH₄ por g de sólido volátil para el caso de grasas de depuración y masas de pan y son coincidentes con los mostrados en ensayos previos (Wickham et al., 2016; Narisetty et al., 2022). No obstante, las producciones de metano en los casos en los que el residuo consta de un mix de productos permiten producciones superiores a los 600 L de CH₄ por g de sólido volátil en función de los pretratamientos (i.e. fundamentalmente el tamaño de partículas y la carga orgánica del reactor) (Okoro-Shekwaga et al., 2020).

Todo lo anterior supone, en una primera aproximación, alrededor de 57 GWh al año de metano (Figura 5).

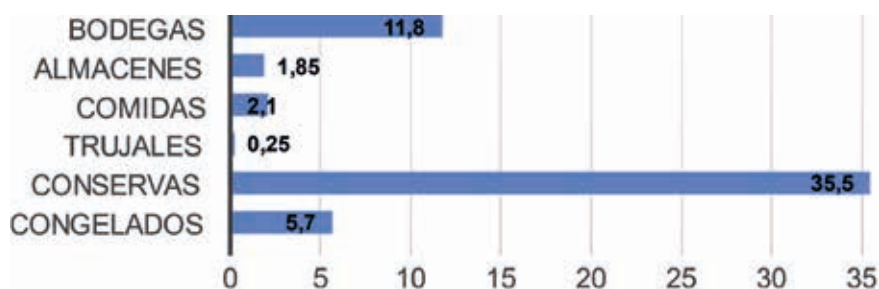


Figura 5. Potencial producción de metano de residuos de origen vegetal y de comidas preparadas por cada subsector considerado.

4. DISCUSIÓN

En La Rioja, el escenario energético está claramente marcado por una enorme dependencia de los combustibles de origen fósil. Alrededor del 85 % de las fuentes de energía primaria provienen de los derivados del petróleo (i.e. 32%) y del gas natural (i.e. 52%). Es decir, sólo un 15% de la energía tiene origen renovable (INE, 2022). En la actualidad, los derivados del petróleo y el gas natural son las fuentes de energía que permiten desplazarnos y transportar cargas a lo largo de la comunidad y también las que alimentan más del 50% de los procesos industriales o nos proporcionan, en un 50%, el confort térmico requerido en nuestros hogares. La mitad de esta energía tiene su origen en el gas natural (CORES, 2022).

Nuestra comunidad, en consonancia con su estructura económica tiene un consumo industrial relativamente bajo (alrededor del 20% del total de energía primaria consumido), protagonizado fundamentalmente por la agroindustria y su dependencia de las fuentes fósiles (i.e. superior al 50%) (Gobierno de La Rioja, 2022).

En particular, el consumo de gas natural en La Rioja se situó en 2021 en los 3.816 GWh lo que implica una tendencia ligeramente decreciente en los últimos años (Figura 6). Con relación a la generación, este recurso existe en La Rioja a partir de la explotación de gas Viura que, produce alrededor del 37% de este consumo (i.e. 1.400 GWh/año).

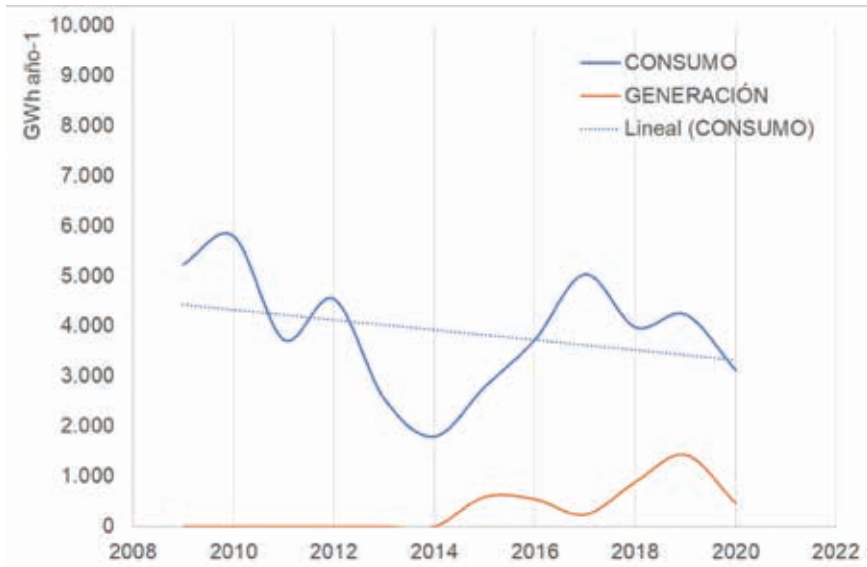


Figura 6. Evolución del consumo de gas natural en La Rioja en la última década. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de CORES (2022)

El precio de este recurso es variable en función de los planes de producción, las tecnologías disponibles y la coyuntura geopolítica. No obstante, el rápido incremento de precio registrado por el mercado ibérico del gas (Mibgas) para España y Portugal hace pronosticar un periodo relativamente largo de precios al alza (Figura 7)



Figura 7. Evolución del precio de gas natural registrado en el MIBGAS. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos el MIBGAS)

Con estos datos, se puede aproximar la factura regional por gas natural a unos teóricos 130 millones de euros al año.

Con este escenario, la gestión de los residuos identificados en rutas de digestión anaerobia puede contribuir de forma importante en la disminución de la dependencia externa, la factura energética y en la mejora del medioambiente.

Por sectores, las industrias conserveras generan las mayores cantidades de residuo orgánico, aunque son las explotaciones porcinas las que más potencial de generación presentan.

Cabe destacar que el sector conservero ha arrojado unos valores de dispersión muy elevados por lo que los datos de producción deben ser analizados más en detalle. Para ello, se requeriría la sub-clasificación de este sector en base a los tipos de productos tratados. De esta manera, se conseguirían disminuir los rangos de incertidumbre.

El sector del vino ha resultado ser un agente de relevancia en términos de volumen de negocio, pero debido a las restricciones legislativas relacionadas con el manejo de los residuos, las cantidades disponibles se limitan a los efluentes de los procesos cuyo contenido orgánico es relativamente bajo.

Entre todos los sectores considerados, La Rioja sería capaz de generar hasta 200 GWh al año mediante la revalorización de estos residuos. Considerando que la industria en La Rioja consume alrededor del 20 % del total del gas natural (i.e. 750 GWh de 3.200 GWh) se puede estimar un impacto máximo del 25%.

5. CONCLUSIONES

El cómputo total, en los sectores identificados, alcanzaría más de un millón de toneladas al año de residuo sólido, al que se le debe sumar 147 mil m³ de agua residual que debe ser tratada.

De estas cantidades, se deben exceptuar como candidatos, aquellos residuos sólidos producidos por la industria vitivinícola. Estos residuos están obligados a ser gestionados a través de empresas que producen productos alcohólicos y por ende no pueden optar a otras cadenas de valor. En total, se estima que los residuos susceptibles de ser empleados en aplicaciones de generación de metano alcanzarían 850 mil toneladas al año.

En general, las empresas transformadoras de los productos agrícolas se caracterizan por una estacionalidad que depende de las campañas a lo largo del año. No obstante, en este caso, se han identificado periodos de trabajo que prácticamente abarcan todos los meses del año y que consiguen un funcionamiento cuasi-permanente por la adaptabilidad de muchas empresas que procesan diferentes tipos de productos o reciben estos desde diferentes orígenes del planeta.

En relación con las cantidades de metano disponibles, las variables de operación de los reactores (e.g. carga orgánica diaria, etapas de digestión, temperatura, pH, etc.) influyen notablemente en el grado de eficiencia de la digestión anaerobia y por tanto en la producción de metano real disponible. Sin embargo, la determinación del máximo potencial, a partir del contenido de macronutrientes de la muestra (i.e. proteínas, carbohidratos y lípidos y grasas), permite cuantificar la máxima capacidad de generación de metano en la región.

Bajo esta perspectiva, se puede estimar una potencial generación máxima de metano cercana a los 200 GWh anuales, lo que supone el 5.2% del total de gas natural consumido anualmente en la región. Si tenemos en cuenta que el 40% de este gas se emplea en la alimentación de la central de ciclo combinado de Arrúbal y que la industria riojana consume el 20%, podemos concluir que la adecuada gestión de los residuos agroalimentarios podría suponer una cuarta parte del total de gas consumido por la industria riojana.

Considerando que no fue posible tomar muestras y analizar la totalidad de residuos de la región, basando los resultados potenciales en la bibliografía publicada, es necesario dar continuidad al estudio para la obtención de resultados aún más ajustados a la realidad regional.

Asimismo, es necesario mantener esta línea de investigación para realizar la prospección de la nueva realidad industrial, tanto a nivel de consumo energético por mejora de la eficiencia energética, como en la generación de residuos y subproductos disponibles para su tratamiento posterior, gracias a los avances introducidos en los equipos.

Estas cantidades, con un precio promedio de 40 €/MWh, supondrían un volumen de negocio de unos 8 millones de euros. Cantidad, lo suficientemente atractiva como para hacer viable la construcción de entre uno y tres biodigestores, repartidos a lo largo de la geografía riojana, con posibilidad de conexión a la red de gas.

Considerando la producción actual de gas natural en la región (i.e. yacimiento de Viura) y la digestión anaerobia de residuos, la región alcanzaría una autosuficiencia del 45% de gas aproximadamente.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro especial agradecimiento al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Internacional de La Rioja por su inestimable apoyo durante la ejecución del presente proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed P., Fernández P., de Figueroa L., Pajot H. (2019) Exploitation alternatives of olive mill wastewater: production of value-added compounds useful for industry and agriculture. *Biofuel Research Journal*, 22, 980-994.
- Benalia, S., Falcone, G., Stillitano, T., De Luca, A.I., Strano, A., Gulisano, G., Zimbalatti, G., Bernardi, B. (2021) Increasing the Content of Olive Mill Wastewater in Biogas Reactors for a Sustainable Recovery: Methane Productivity and Life Cycle Analyses of the Process, *Foods* 10(5),1029.
- Bernardi, B.; Benalia, S.; Zema, D.A.; Tamburino, V.; Zimbalatti, G. (2017) An automated medium scale prototype for anaerobic co-digestion of olive mill wastewater. *Information Processing in Agriculture*, 4, 316–320.

- Cadavid-Rodríguez, L.S., Vargas-Muñoz, M.A., Plácido, J. (2019) Biomethane from fish waste as a source of renewable energy for artisanal fishing communities, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 34, 110-115.
- Choudhury, A., Lepine, C., Witarsa, F., Good, C. (2022) Anaerobic digestion challenges and resource recovery opportunities from land-based aquaculture waste and seafood processing byproducts: A review, *Bioresource Technology*, 354, 127144.
- CORES (Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos), 2022. Disponible en: <https://www.cores.es/es/estadisticas> (último acceso, febrero 2022)
- Croxatto-Vega, G.C., ten Hoeve, M., Birkved, M., Sommer, S.G., Bruun, S. (2014) Choosing co-substrates to supplement biogas production from animal slurry – A life cycle assessment of the environmental consequences, *Bioresource Technology*, 171, 410-420.
- Drosg, B., Rudolf Braun, Günther Bochmann, Teodorita Al Saedi, (2013) 3 - Analysis and characterisation of biogas feedstocks, Editor(s): Arthur Wellinger, Jerry Murphy, David Baxter, In Woodhead Publishing Series in Energy, *The Biogas Handbook*, Woodhead Publishing, 52-84.
- Egea F., Torrente R.G., Aguilar A. (2018) An efficient agro-industrial complex in Almería (Spain): Towards an integrated and sustainable bioeconomy model. *New Biotechnology*, 40, 103–112.
- European Commission (2017) Waste-to-energy in the circular economy. COM (2017). 34 final. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brussels.
- Federici, F., Fava, F., Kalogerakis, N., Mantzavinos, D. (2009) Valorisation of agro-industrial by-products, effluents and waste: concept, opportunities and the case of olive mill wastewaters, *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 84(6), 895-900.
- Gobierno de La Rioja, Estadísticas de consumo energético, 2022. Disponible en: <https://www.larioja.org/estadistica/es/area-tematica-economia/industria-energia/consumo-combustibles> (último acceso febrero 2022).
- Hadidi, L.A., Omer, M.M. (2017) A financial feasibility model of gasification and anaerobic digestion waste-to-energy (WTE) plants in Saudi Arabia, *Waste Management*, 59, 90-101.
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 2022. Disponible en: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735570688 (último acceso, febrero 2022).
- Kafle, G.K., Kim, S.H., Sung, K.I. (2013) Ensiling of fish industry waste for biogas production: A lab scale evaluation of biochemical methane potential (BMP) and kinetics, *Bioresource Technology*, 127, 326-336.
- Malinauskaite J, Jouhara H, Czajczynska D., Stanchev P, Katsou E, Rostkowski P, Thorne RJ. Colon J, Ponsa S, Al-Mansour F, Anguilano L, Krzyzynska R,

- Lopez IC, Vlasopoulos A, Spencer N. (2017) Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe, *Energy*, 14, 2013-2044.
- Mouftahi, M., Tlili, N., Hidouri, N., Bartocci, P., Alrawashdeh, K.A.B., Gul, E., Liberti, F., Fantozzi, F. (2021) Biomethanation Potential (BMP) Study of Mesophilic Anaerobic Co-Digestion of Abundant Bio-Wastes in Southern Regions of Tunisia. *Processes* 9(1), 48.
- Mühl, D.D., de Oliveira, L. (2022) Features of anaerobic digestion plants in the brazilian agricultural sector, *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 1, 100001.
- Murthy, P.S., Naidu, M.M. (2012) Sustainable management of coffee industry by-products and value addition-a review, *Resources, Conservation & Recycling*, 66, 4-58.
- Narisetty, V., Nagarajan, S., Gadkari, S., Ranade, V.V., Zhang, J., Patchigolla, K., Bhatnagar, A., Awasthi, M.K., Pandey, A., Kumar, V. (2022) Process optimization for recycling of bread waste into bioethanol and biomethane: A circular economy approach, *Energy Conversion and Management*, 266, 115784.
- Okoro-Shekwa, C.K., Turnell Suruagy, M.V., Ross, A., Camargo- Valero, M.A. (2020) Particle size, inoculum-to-substrate ratio and nutrient media effects on biomethane yield from food waste, *Renewable Energy*, 151, 311-321.
- Otero, A., Mendoza, M., Carreras, R., Fernández, B. (2021) Biogas production from slaughterhouse waste: Effect of blood content and fat saponification, *Waste Management*, 133, 119-126.
- Pramanik, S.K. (2022) Anaerobic co-digestion of municipal organic solid waste: Achievements and perspective, *Bioresource Technology Reports*, 20, 101284.
- Qi, M., Liu, Y., He, T., Yin, L., Shu, C-H., Moon, I. (2022) System perspective on cleaner technologies for renewable methane production and utilisation towards carbon neutrality: Principles, techno-economics, and carbon footprints, *Fuel*, 327, 125130.
- Rodrigues, R.P., Rodrigues, D.P., Klepacz-Smolka, A., Martins, R.C., Quina, M.J. (2019) Comparative analysis of methods and models for predicting biochemical methane potential of various organic substrates, *Science of The Total Environment*, 649, 1599-1608.
- Scarlat N., Fahl F., Dallemand J.F. (2019) Status and Opportunities for Energy Recovery from Municipal Solid Waste in Europe, *Waste and Biomass Valorization*, 10, 2425-2444.
- Sommer, S.G., Webb, J., Hutchings, N. (2019) New emission factors for calculation of ammonia volatilization from European livestock manure management systems, *Front. Sustain. Food. Syst.*, 3, 1e9.

- Triolo, J.M., Ward, A.J., Pedersen, L., Sommer, S.G. (2013) Characteristics of Animal Slurry as a Key Biomass for Biogas Production in Denmark, *Bio-mass Now*, Chapter 12.
- Valenti, F., Zhong, Y., Sun, M., Porto, S.M.C., Toscano, A., Dale, B.E., Sibilla, F., Liao, W. (2018) Anaerobic co-digestion of multiple agricultural residues to enhance biogas production in southern Italy, *Waste Management*, 78, 151-157.
- Wickham, R., Galway, B., Bustamante, H., Nghiem, L.D. (2016) Biomethane potential evaluation of co-digestion of sewage sludge and organic wastes, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 113, 3-8.
- Yasin N.H.M., Mumtaz T, Hassan M.A, Rahman N.A.A. (2013) Food waste and food processing waste for biohydrogen production: A review. *Journal of Environmental Management*, 130, 375-385.

ASPECTO PLACENTARIO ANORMAL, PLACENTA GRUESA DE ASPECTO RADIAL COMO MARCADOR ECOGRÁFICO DE RESULTADO PERINATAL ADVERSO. REPORTE DE 3 CASOS¹

MAITE CORTÉS ANTOLÍN, MARIANO LAGUNA OLMOS
JOSÉ FÉLIX GARCÍA FERNÁNDEZ, SARA ARRIETA BRETÓN
ANA CRISTINA RUIZ PEÑA, ANDREA GUTIÉRREZ LANDALUCE

RESUMEN

Introducción y objetivos: Proponemos la inclusión del aspecto ecográfico placentario engrosado en el manejo de pacientes con retraso del crecimiento intrauterino precoz de causa placentaria.

Métodos: Presentación de casos clínicos y argumentación bibliográfica.

Resultados: Presentamos tres casos de retraso del crecimiento intrauterino de inicio precoz de causa placentaria, con aspecto placentario ecográfico anormal (placenta de aspecto grueso, con ecos de distribución radial o “glassy aspect”), asociados a desprendimiento prematuro de placenta normoinserta y/o metrorragia de tercer trimestre. En uno de los casos el desprendimiento placentario ocurrió en domicilio, resultando en pérdida perinatal. En los otros dos las pacientes se encontraban ingresadas, teniendo como resultado dos recién nacidos viables.

Conclusiones: En los casos en los que se aprecie este aspecto placentario anormal proponemos una vigilancia más estrecha o incluso ingreso hospitalario, ante la mayor probabilidad de presentarse un suceso adverso no evitable ni prevenible como el desprendimiento prematuro de placenta normoinserta.

Palabras Clave: *Placenta gruesa. Restricción del crecimiento intrauterino. Resultados perinatales. Ecografía.*

Introduction and objectives: We suggest the inclusion of thickened placental ultrasound appearance in the management of patients with early-onset intrauterine growth restriction due to placental cause.

1. Las pacientes de los 3 casos presentados han dado el consentimiento para la publicación del caso clínico y han firmado el consentimiento informado correspondiente.

* Ginecología y Obstetricia, Hospital Universitario San Pedro, calle Piqueras 98, 26006 Logroño, La Rioja (España). + 34 941 29 80 00. maitec95@gmail.com

Methods: Presentation of clinical cases and bibliographic argumentation.

Results: We present three cases of early-onset intrauterine growth restriction due to placental cause, with abnormal ultrasound placental appearance (thick-looking placenta, with radial distribution echoes or “glassy aspect”), associated with placental abruption and / or third trimester metrorrhagia. In one of the cases, the placental detachment happened at home, resulting in perinatal loss. In the other two cases the patients were hospitalized at the time of the placental abruption, as a result two viable newborns were delivered.

Conclusions: In cases where this placental ultrasound pattern is appreciated, we propose a closer monitoring or hospital admission, given the higher probability of an adverse perinatal outcome that cannot be avoided or prevented, such as the placental abruption.

Keywords: Thickened placenta. Intrauterine growth restriction. Perinatal outcomes. Ultrasonography.

1. INTRODUCCIÓN

En todos los estudios prenatales se debe evaluar la localización, tamaño, morfología y ecoestructura de la placenta.⁵ La placenta se visualiza de la semana 8 hasta la 20 con una textura uniforme y un grosor entre 2-3 cm. Después de la semana 20, adquiere un aspecto dishomogéneo, con un grosor entre 4-5 cm, con áreas sonoluscentes, depósitos de fibrina, lagos venosos y quistes subcoriónicos.¹

Un desarrollo placentario adecuado es un requisito indispensable para la correcta maduración fetal y evitar resultados perinatales adversos. La ecografía se ha convertido en el método de estudio por imagen por excelencia en la valoración de la función placentaria y la predicción de estos resultados no deseados.^{1, 4}

El estudio ecográfico de la placenta ha evolucionado durante años, el Doppler fetal y de las arterias uterinas ha demostrado una buena correlación con el desarrollo vascular anormal placentario y por lo tanto se ha establecido como la principal herramienta en la valoración de la insuficiencia placentaria y el retraso del crecimiento intrauterino (RCIU).³

Se ha establecido la relación entre biometría placentaria y diferentes complicaciones de la gestación, sin embargo estas medidas resultan complejas y no forman parte del estudio ecográfico rutinario.² Aunque el significado exacto de la placenta “gruesa” se desconoce, algunos autores denominan de esta manera aquellas placentas hiperecogénicas, gruesas y altamente vasculares, con bordes que carecen de la apariencia típica de “estrechamiento”, encontrando una asociación con mayor incidencia de morbimortalidad perinatal y anomalías congénitas.^{3, 4, 5}

El objetivo es proponer, a través de la justificación bibliográfica, la inclusión de la valoración ecográfica placentaria en el manejo de pacientes con RCIU precoz de causa placentaria. Para ello presentamos tres casos de RCIU de inicio precoz con aspecto placentario anormal (placenta de aspecto grueso, con ecos de distribución radial, “glassy aspect”) asociados a Desprendimiento prematuro de placenta normoinserta (DPPNI).

2. METODOLOGÍA

Se presentan tres casos de RCIU precoz severo asociados a DPPNI y/o metrorragia de tercer trimestre, en los que se apreció un aspecto placentario anormal (placenta gruesa de aspecto radial). Dos de las pacientes se encontraban hospitalizadas en el momento del DPPNI pudiendo obtener un recién nacido con buen resultado perinatal. La paciente en régimen ambulatorio tuvo un mal resultado perinatal, con óbito fetal.

3. RESULTADOS

Caso 1: Primigesta de 27 años, sin antecedentes médicos de interés, con amenaza de aborto en primer trimestre. Cribado integrado de cromosopatías de bajo riesgo, con niveles de PAPP-A disminuidos (0.23 MoM) y AFP normal para la edad gestacional. La ecografía de primer trimestre correspondía con su amenorrea y en la ecografía morfológica no se observaron hallazgos patológicos. En semana 23 ingresó por metrorragia moderada y en el control ecográfico se observó un feto con peso estimado en percentil (P) 9 con medidas cefálicas < P3 (microcefalia), sin otros hallazgos, además de un grosor placentario de 69mm (Figura 1) y un estudio Doppler normal (IP AU 1.5, IP ACM 1.79, ICP 1.19, IP AUt media 1.38). Se realizó amniocentesis diagnóstica en semana 26+1, con estudio genético (QF-PCR y CGH-Arrays) y de infecciones TORCH y Zika, siendo todos los resultados negativos.

Se realizaron controles ecográficos cada 2 semanas, hasta que en semana 31 se objetivó oligoamnios leve y una placenta engrosada para la edad gestacional, de 87 mm, de aspecto esmerilado o radial, vidrioso (Figura 2), peso fetal correspondiente con P3 y estudio Doppler normal: Índice de Pulsatilidad de la arteria umbilical (IP AU) 0.96, Índice Pulsatilidad de la arteria cerebral media (IP ACM) 1.56, Índice Cerebroplacentario (ICP) 1.63, IPmAUt 0.96).

En semana 33+6 la paciente ingresó por metrorragia, dinámica uterina resistente a tratamiento tocolítico y presentación podálica. Ante la sospecha de DPPNI, se indicó cesárea urgente, naciendo una mujer de 1979 gramos con test de Apgar de 6/8 (1 y 5 minutos) y pH arterial de cordón 7.29.

En el estudio anatomopatológico de la placenta, se describió un peso aumentado para la edad gestacional (520 gramos) con focos de infarto.

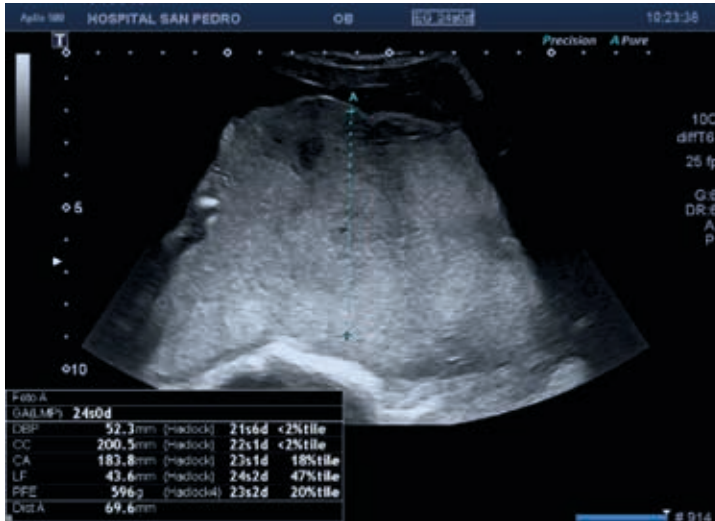


Figura 1. Caso 1. Semana 24.



Figura 2. Caso 1. Semana 31.

Caso 2: Primigesta de 36 años, con gestación controlada y normoevolutiva hasta la fecha, cribado integrado de cromosopatías de bajo riesgo con niveles de PAPP-A disminuidos (0.45 MoM) y AFP normal. La paciente fue derivada en semana 29 a nuestro centro, tras diagnóstico de RCIU tipo I en su hospital comarcal de referencia. En el control ecográfico se confirmó el diagnóstico, con un peso fetal estimado en P3 con Doppler fetal normal e IPmAut > P95. La placenta era normoinserta, altamente vascularizada, hiperecogénica y con ecos de disposición radial (Figura 3). Se realizó estudio

de RCIU tipo I precoz, con cariotipo, CGH-Arrays y estudio infeccioso normales, obtenidos por amniocentesis. La paciente mantuvo tensión arterial normal y proteinuria negativa.



Figura 3. Caso 2. Semana 29+4.



Figura 4. Caso 2. Semana 33+3.

En semana 33+3, el feto continuaba presentando peso estimado inferior al P3, a lo que se sumó Doppler alterado (IPmAUt > P95, IP AU > P95, ICP < P5) y un aspecto placentario similar al descrito anteriormente (Figura 4). Ante diagnóstico de RCIU tipo I se mantuvieron los controles semanales. En

semana 34+1 la paciente sufrió un DPPNI domiciliario, con realización de cesárea urgente en su centro más cercano, y óbito fetal.

Caso 3: Primigesta de 35 años, fumadora, obesa (IMC >35) y con diabetes gestacional diagnosticada en primer trimestre. Cribado integrado de bajo riesgo, con valores de PAPP-A y AFP dentro de la normalidad. En semana 26+1 fue diagnosticada de RCIU Tipo I precoz, con peso fetal estimado en P1 y estudio Doppler normal y placenta engrosada (Figura 5). La paciente aceptó estudio TORCH pero rechazó el estudio genético, siendo el primero negativo. Se realizaron controles ecográficos semanales. Simultáneamente la paciente consultó en varias ocasiones por metrorragia de III trimestre sin signos ecográficos de desprendimiento ni placentación baja.

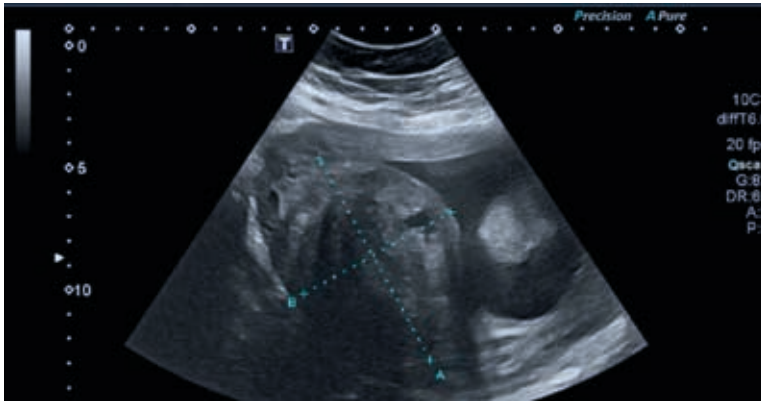


Figura 5. Caso 3. Semana 26+1

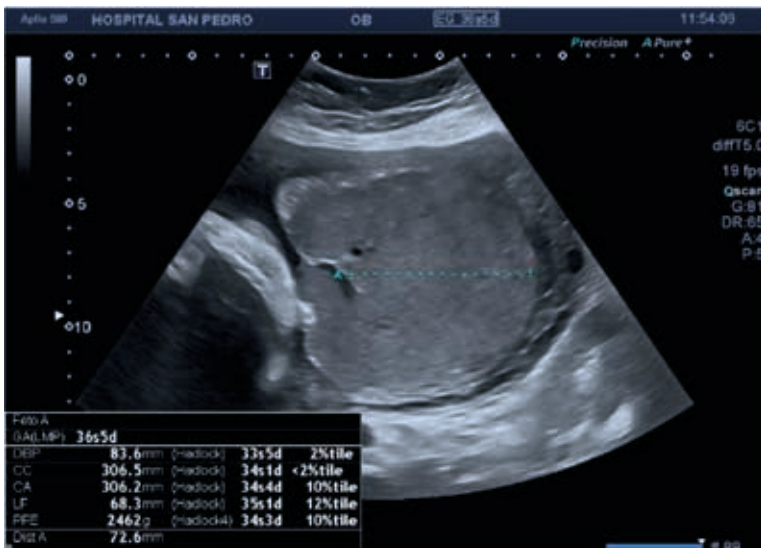


Figura 6. Caso 3. Semana 36+5.

En semana 36+5, en uno de los controles tras metrorragia, se objetivó peso fetal estimado en P6, con estudio Doppler: IP ACM < P5, ICP < P5, IPmAUt normal. Se objetivó placentomegalia de 72 mm, sin signos ecográficos de DPPNI (Figura 6). Ante la metrorragia persistente y presentación podálica, se decidió finalización de la gestación mediante cesárea. Nació un varón de 2320 gramos, con test de Apgar 9/10, pH arterial 7.28. En el estudio anatomopatológico de la placenta se evidenció un bajo peso para la edad gestacional, inferior al P10 con un infarto marginal de 2cm.

4. DISCUSIÓN

La etiología del RCIU severo puede ser múltiple, pero la causa más frecuente son las alteraciones placentarias. Las características maternas, los niveles séricos de algunos marcadores utilizados en el cribado de primer trimestre o la resistencia vascular de las arterias uterinas medida por Doppler son algunos factores de riesgo estudiados para el desarrollo de este.⁷

Se ha estudiado la capacidad de varios marcadores en suero materno (Proteína plasmática asociada al embarazo; PAPP-A, Alfafetoproteína; AFP) como predictores del desarrollo de un RCIU grave o resultado perinatal adverso. Sin embargo, estos marcadores por sí solos no parecen alcanzar la precisión suficiente que justifique la implementación de una prueba de cribado en mujeres asintomáticas.⁹ En nuestro centro, se realiza un cribado de cromosomopatías integrado de 1º y 2º trimestre, que incluye PAPP-A y AFP de forma sistemática. En dos de los tres casos que presentamos se observaron unos valores de PAPP-A disminuidos; los valores de AFP fueron normales.

Un segundo escalón para aumentar la precisión en este despistaje podría ser la determinación ecográfica de la función placentaria. La mayoría de los estudios se han centrado en analizar las características morfológicas de la onda de flujo de las arterias uterinas, ya sea en primer trimestre⁶ o segundo trimestre⁷, como marcador de la función placentaria.

En los tres casos presentados, el manejo del cuadro de RCIU se realizó mediante control maternofetal estrecho, con control de constantes maternas, ecografía obstétrica con Doppler fetal y de arterias uterinas, y registro cardiotocográfico, según el protocolo específico de seguimiento y manejo del RCIU.⁸ Sin embargo, este seguimiento intensivo, como apunta la bibliografía sobre el tema, en ocasiones no permite evitar un desenlace grave, como es el DPPNI e incluso el óbito fetal.⁷

Sin embargo, en los 3 casos que se relatan se objetivó un aspecto ecográfico anormal de la placenta, que aparecía engrosada, con pérdida del afinamiento periférico habitual, y una estructura de ecogenicidad radial. La biometría placentaria no se encuentra incluida dentro del protocolo de estudio ecográfico fetal habitual.⁸ El único aspecto en común de estos casos fue el aspecto placentario anormal, grueso y radial.

Aunque en los tres casos que presentamos se evidenció sangrado genital en II y/o III trimestre, solo en 2 de ellos la cuantía del sangrado o la

sospecha de DPPNI en ese momento ameritó ingreso hospitalario. En las 2 pacientes que se encontraban ingresadas, se finalizó la gestación mediante cesárea urgente, con resultado favorable. Sin embargo, la paciente que llevaba a cabo control ambulatorio semanal presentó el DPPNI en su domicilio y, si bien finalizó mediante cesárea de urgencia, no pudo evitarse el óbito fetal.

Otro de los eventos adversos que la literatura asocia a la insuficiencia placentaria es el desarrollo de preeclampsia. Nuestras pacientes no desarrollaron preeclampsia en ninguno de los 3 casos con engrosamiento placentario. Ambas complicaciones (RCIU y preeclampsia) deben contemplarse en el contexto de insuficiencia placentaria, proceso con el cual parece estar relacionado el aspecto engrosado de la placenta.⁷

La biometría placentaria no se encuentra incluida dentro del protocolo de estudio ecográfico obstétrico habitual. Sin embargo, diversos estudios otorgan a este hallazgo ecográfico una cierta capacidad predictiva de malos resultados perinatales. En los 3 casos que se relatan, además del RCIU, se objetivó un aspecto ecográfico anormal de la placenta, que aparecía engrosada, con pérdida del afinamiento periférico habitual, y una estructura de ecogenidad radial. Según un estudio publicado en el 2009, en mujeres con niveles de PAPP-A bajos, una placenta gruesa y pequeña fue más predictiva de un resultado perinatal adverso que el Doppler de las arterias uterinas alterado.⁹

Los estudios evidencian que la anomalía más común en la placenta de los fetos con RCIU grave es un trastorno de la forma y tamaño de ésta. Se ha visto que casi el 50% presentan alteraciones graves en el crecimiento, forma e inserción del cordón.¹⁰

Si bien no existe hasta el momento evidencia científica que refrende la realización de un estudio exhaustivo de la biometría y características, forma y ecogenidad placentaria sistemática en todas las gestantes,² quizás deberíamos plantearnos modificar el protocolo de seguimiento y manejo de aquellas pacientes en las que se haya encontrado el mencionado hallazgo placentario, intensificando el control materno-fetal, para intentar evitar los resultados perinatales adversos.

5. CONCLUSIONES

Queda por definir el papel de la biometría placentaria en la práctica clínica diaria. Algunos autores aconsejan la medición sistemática al menos del espesor placentario, pues aunque el significado del término “placenta gruesa” es desconocido, sí se ha observado una asociación con mayor incidencia de morbimortalidad perinatal y anomalías congénitas.²

Hasta el momento, no existe evidencia científica suficiente que determine una actuación clínica ante los hallazgos ecográficos descritos anteriormente, por lo que tampoco se halla incluido este aspecto en la toma de decisiones en pacientes con RCIU o preeclampsia.⁷

Sin embargo, numerosos estudios proponen llevar a cabo un seguimiento intensivo en estas pacientes.⁷ Si bien falta evidencia científica que apoye la toma de decisiones clínicas ante este hallazgo, los autores de este trabajo proponen una vigilancia más estrecha, incluso mediante ingreso hospitalario, en aquellos casos en los que la placenta tenga un aspecto engrosado, con el objetivo de intentar minimizar los daños secundarios a una complicación no prevenible ni evitable como el DPPNI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abramowicz JS, Sheiner E. In utero imaging of the placenta: importance for diseases of pregnancy. *Placenta* 2007; 28 (Suppl. A): S14–S22.
2. Biometría placentaria en la predicción de complicaciones de la gestación. *Clin Invest Gin Obst*. 2005; 32(1):10-3 11 zo.
3. Jauniaux E, Ramsay B, Campbell S. Ultrasonographic investigation of placental morphologic characteristics and size during the second trimester of pregnancy. *Am J Obstet Gynecol*, 170 (1994), pp. 130-7.
4. Elchalal U, Ezra Y, Levi Y, Bar-Oz B, Yanai N, Intrator O, et al. Sonographically thick placenta: a marker for increased perinatal risk. A prospective cross-sectional study. *Placenta*, 21 (2000), pp. 268-72
5. Dombrowski MP, Wolfe HM, Saleh A, Evans MI, O'Brien J. The sonographically thick placenta: a predictor of increased perinatal morbidity and mortality. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2 (1992), pp. 252-5.
6. Nicolaides KH, Bindra R, Turan OM, Chefetz I, Sammar M, Meiri H, Tal J, Cuckle HS. A novel approach to first-trimester screening for early pre-eclampsia combining serum PP-13 and Doppler ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; 27: 13–17.
7. Cnossen JS, Morris RK, ter Riet G, Mol BW, van der Post JA, Coomarasamy A, Zwinderman AH, Robson SC, Bindels PJ, Kleijnen J, Khan KS. Use of uterine artery Doppler ultrasonography to predict pre-eclampsia and intrauterine growth restriction: a systematic review and bivariable metaanalysis. *CMAJ* 2008; 178: 701–711.
8. Protocolo: Defectos del crecimiento fetal. Hospital Clínic. Hospital Sant Joan de Déu. Universitat de Barcelona [Internet]. Recuperado a partir de: Medicinafetalbarcelona.org.
9. Proctor LK, Toal M, Keating S, Chitayat D, Okun N, Windrim RC, Smith GC, Kingdom JC. Placental size and the prediction of severe early-onset intrauterine growth restriction in women with low pregnancy-associated plasma protein A. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2009; 34: 274–282.
10. Walker MG, Fitzgerald B, Keating S, Ray JG, Windrim R, Kingdom JC. Sex-specific basis of severe placental dysfunction leading to extreme preterm delivery. *Placenta* 2012; 33: 568–571.

HERNIA ABDOMINAL COMO COMPLICACIÓN TRAS FUSIÓN LUMBAR INTERSOMÁTICA MEDIANTE ABORDAJE LATERAL TRANSPSOAS. A PROPÓSITO DE UN CASO

PALOMA SEVILLA ORTEGA*¹
PAULA ISLA SARASA
AMAIA AGUIRRE ETXEBARRÍA
MANUEL MALILLOS TORÁN
BORJA ANTÓN CAPITÁN
NATALIA IBAÑEZ APARICIO

RESUMEN

La fusión lumbar intersomática mediante abordaje lateral transpsoas (LLIF) es una técnica que permite realizar artrodesis lumbar de forma mínimamente invasiva. Es un abordaje en auge por su seguridad y baja tasa de complicaciones (<5%). Sin embargo, se han descrito casos de hernias incisionales en 1 de cada 100 pacientes sometidos a este tipo de cirugía. Aunque la causa sigue siendo desconocida, algunos autores señalan a la fascia transversal como elemento principal en la estabilidad estructural del retroperitoneo, por lo que una reparación deficiente de la misma derivará en eventraciones de la pared abdominal.

Presentamos el caso de una mujer de 62 años intervenida en nuestro centro por vía LLIF para artrodesis lumbar L2-S1. A los dos años de seguimiento postoperatorio debuta con una hernia incisional en la pared abdominal posterolateral izquierda que es tratada con éxito mediante eventroplastia laparoscópica.

Palabras clave: *Artrodesis lumbar, fusión intersomática lumbar lateral transpsoas, hernia incisional, fascia transversal.*

Extreme lateral interbody fusion (XLIF) is a minimally invasive transpsoas approach for spine surgery. It is becoming popular due to its safety and low complication rate (<5%). However, incisional hernias happen in 1 out of every 100 patients who undergo this type of surgery. Although the

1. Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario San Pedro, Logroño.

Department of Orthopedic Surgery. Hospital Universitario San Pedro, Logroño

(*) Corresponding author. E-mail address: psevillao@riojasalud.es. Hospital Universitario San Pedro. C/ Piqueras 98, 26002, Logroño, La Rioja.

*cause remains unknown, transversalis fascia is pointed out by some authors as the main element in the structural stability of the retroperitoneum. Therefore, a deficient repair of the fascia will originate abdominal wall even-
trations.*

We present a 62-year-old woman who underwent LLIF for lumbar arthrodesis L2-S1. After two-year postoperative follow-up, an incisional hernia developed in the posterolateral abdominal wall, which was successfully treated by laparoscopic surgery.

Keywords: Lumbar arthrodesis, extreme lateral interbody fusion, incisional hernia, transversalis fascia.

INTRODUCCIÓN

La fusión lumbar intersomática mediante abordaje lateral transposas (LLIF) es una técnica relativamente nueva para realizar artrodesis lumbar de forma mínimamente invasiva. Con una incisión en la parte lateral del abdomen, se atraviesa la musculatura abdominal y paravertebral sin seccionarla, sólo separando sus fibras. Este procedimiento proporciona un soporte estructural adecuado entre platillos vertebrales, puede corregir deformidades en los planos coronal y sagital y ejercer una descompresión indirecta del canal raquídeo respetando los elementos posteriores. Hasta ahora está indicado su uso para los espacios intervertebrales desde T6 hasta L4-L5 (*Le et al., 2012*) (*Shields et al., 2007*).

Es un abordaje en auge por su seguridad y baja tasa de complicaciones (<5%). Sin embargo, se han descrito casos de hernias incisionales en 1 de cada 100 pacientes sometidos a este a tipo de cirugía (*Galan et al., 2012*). Aunque se trata una complicación muy poco frecuente, puede ser grave y originar isquemia intestinal en aquellos que la padecen (*Vivas et al., 2019*), (*Paik, 2010*).

Nuestro objetivo es revisar la incidencia, etiología, diagnóstico y tratamiento de hernias abdominales originadas como complicación tras un abordaje LLIF.

METODOLOGÍA

Se realiza la descripción de un solo caso de hernia incisional tras LLIF diagnosticado en nuestro centro, así como la evolución posterior del mismo. Las pruebas de imagen incluidas en este artículo no contienen datos personales o que permitan la identificación del paciente. Se ha realizado una revisión narrativa de series de casos similares publicados en la literatura entre 2010 y 2020, a través de la base de datos Pubmed. La búsqueda bibliográfica se realizó en base a las palabras clave “*hernia incisional*”, “*fusión lumbar intersomática*”, “*complicación*” y “*abordaje lateral transposas*”.

CASO CLÍNICO

Presentamos el caso de una paciente mujer de 62 años intervenida quirúrgicamente de artrodesis lumbar L4-S1 hace once años. En el momento de nuestra primera valoración, refiere recidiva del dolor lumbar, en esta ocasión proximal al nivel de fijación; y presenta irradiación a extremidad inferior derecha en territorios L3 y L4. Ha realizado tratamiento con múltiples analgésicos incluidos opioides, sin mejoría; y se le han practicado bloqueos facetario y sacroiliaco en la Unidad del dolor, con nula respuesta.

Con radiografía simple y tomografía axial (TAC) se diagnostica de degeneración del segmento adyacente L2-L4. Se propone intervención quirúrgica para reartrodesis L2-L3 y L3-L4 por vía LLIF. Bajo neuromonitorización se realiza abordaje lateral transpsoas izquierdo de L2-L3 y L3-L4, y se colocan cajas intersomáticas en ambos niveles con fijación lateral con tornillos en placa (*Figura 1*).

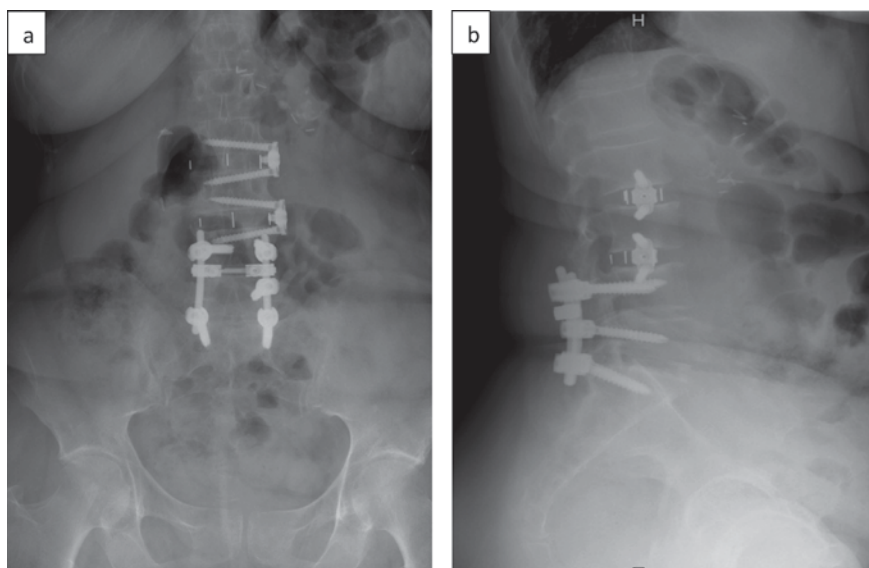


Figura 1. Radiografía simple de columna lumbar en proyecciones anteroposterior (a) y lateral (b). Se observa artrodesis lumbar L4-S1 por vía posterior tradicional y L2-L3 y L3-L4 por vía lateral izquierda.

RESULTADOS

A los dos años de seguimiento ambulatorio debuta con una tumoración lumbar izquierda. A la exploración física se palpa un abultamiento en el costado izquierdo adyacente a la línea cicatricial, entre la pala iliaca y los últimos arcos costales. Se solicita estudio ecográfico, donde se objetiva una herniación con rotura de fibras musculares a ese nivel y presencia de asas intestinales durante la maniobra de Valsalva.

Es remitida a consultas externas de Cirugía general, donde se plantea un diagnóstico diferencial entre masa y eventración lumbar y se decide ampliar el estudio de imagen. En la TAC abdominopélvica se observa una herniación incisional en la pared abdominal posterolateral izquierda de unos 2,6 cm de diámetro transversal, con herniación de grasa mesentérica (*Figura 2*). Ante la ausencia de datos de complicación, se trata con éxito mediante eventroplastia laparoscópica con doble malla.



Figura 2. Tomografía axial abdominopélvica, corte axial. Hernia abdominal incisional en pared posterolateral izquierda (flecha).

Posteriormente se realiza seguimiento en consultas de traumatología y cirugía general a los 1, 6, 12 y 24 meses, presentando buena evolución. El dolor lumbar remite por completo y la hernia incisional no recidiva en ese tiempo. Retoma sus actividades diarias habituales sin limitaciones residuales. Es dada de alta por ambos servicios.

DISCUSIÓN

Comparada con las técnicas tradicionales para realizar artrodesis lumbar por vía anterior y posterior, el LLIF aporta diversas ventajas: incisiones más pequeñas, menores alteraciones en la pared abdominal, menor dolor postoperatorio, tasa de infección más baja, estancia hospitalaria más corta y retorno más rápido a las actividades diarias (*Dakwar et al., 2010*), (*Wang et al., 2010*).

Sin embargo, a medida que aumenta el número de cirujanos que emplean este abordaje, se describen nuevas complicaciones emergentes. Al-

gunas de ellas –la lesión de los nervios del plexo lumbar del psoas, la fuga de líquido cefalorraquídeo o la lesión intestinal– están ampliamente descritas en la literatura (*Dakwar et al., 2010*), (*Wang et al., 2010*). Pero existen otras infrecuentes que hasta el momento no se han documentado y pueden resultar graves para el paciente. Entre ellas, las hernias abdominales.

Según nuestra revisión bibliográfica, hay varias teorías para explicar la causa de aparición de hernias tras LLIF, así como métodos propuestos para prevenirlas.

Hollinsky y Sandberg afirman que tejido cicatricial abdominal se rompe más fácilmente que el tejido normal, entre el 69 y el 73,3% de los casos (*Hollinsky et al., 2007*). Esto explica que se hayan descrito hernias retroperitoneales tras abordajes laterales en reparaciones de aneurismas aórticos y nefrectomías (*Matsen et al., 2006*)(*Chatterjee, 2004*). Estos pacientes suelen presentar una masa en el flanco meses o años tras la cirugía. La TAC muestra que gran parte de ellos ocurren debido a la degeneración y atrofia muscular, y *Marquez y Finol* demostraron que la causa de ambos cambios es la denervación muscular iatrogénica durante la cirugía (*Marquez et al., 1991*). Como cirujanos, aunque no siempre es posible evitar esa denervación, sí que podemos minimizar su riesgo realizando una disección roma de los músculos de la pared abdominal y evitando lesionar las estructuras neurovasculares.

Hay que destacar que la fascia transversal es uno de los principales componentes que mantienen la integridad estructural del retroperitoneo. Su grosor no es uniforme, sino que aumenta en la unión a las apófisis transversas (*Grevius et al., 2006*) (*Herbert et al., 2009*). En base a esto hay autores que plantean ciertas actitudes quirúrgicas para prevenir herniaciones. Algunos recomiendan realizar la incisión quirúrgica lo más posterior posible, ya que en esa zona la fascia es más gruesa. Otros optan por colocar una malla profiláctica intraoperatoria sobre la fascia finalizado el abordaje; sin embargo, *Hebert et al* demostraron que esta última no es una solución viable. En uno de sus estudios realizado sobre el abordaje anterior tradicional, esta técnica resultó en una tasa inaceptable de complicaciones, incluidas infección y seroma persistentes, que requirieron la escisión de la malla (*Nieuwenhuizen et al., 2007*).

Al acabar el procedimiento recomendamos también realizar una reparación directa de la fascia con sutura no reabsorbible que asegure un cierre duradero. Y explicar al paciente las precauciones oportunas para minimizar el esfuerzo y no aumentar la presión intraabdominal.

Por último, no sólo será importante prevenir la aparición de hernias; también diagnosticarlas y tratarlas a tiempo. En este tratamiento se requiere la colaboración de un cirujano general. La mayoría de ellos optan por la reparación quirúrgica aunque el paciente sea asintomáticos por dos motivos: la mejoría estética y la prevención de complicaciones secundarias (*Nieuwenhuizen et al., 2007*)(*Edwards et al., 2000*). La existencia de una hernia supone un riesgo elevado de encarcelamiento, estrangulamiento,

disfunción respiratoria y fibrosis de la pared abdominal que pueden ser letales para el paciente.

CONCLUSIÓN

Al realizar LLIF para un trastorno de la columna vertebral, la incisión quirúrgica debe realizarse lo más posterior posible, los musculatura abdominal deben separarse con disección roma a lo largo de sus fibras y la fascia incisa debe ser posteriormente suturada de forma segura. De lo contrario pueden surgir hernias incisionales.

Hasta ahora son muy pocos los casos descritos de hernia abdominal tras LLIF. Es una complicación rara que se sospechará ante la aparición de un abultamiento adyacente a la cicatriz meses o años tras la cirugía. Los pacientes con signos o síntomas compatibles deben ser evaluados de forma urgente con imágenes de TAC y ser remitidos para valoración por un cirujano general. El diagnóstico y tratamiento quirúrgico precoz evitará que se complique y mejorará la calidad de vida del paciente que la padece.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Le TV, Uribe JS. (2012). The minimally invasive retroperitoneal transpsoas approach. *Journal of Spine Surgery* 6:79-96.
- Shields DC, Khoo LT, Goldberg G, Vaccaro AR (2007). Anatomical approaches for minimally invasive spine surgery. *Eds Minimally Invasive Spine Surgery*, 1-11.
- Galan TV, Mohan V, Klineberg EO, Gupta MC, Roberto RF, et al. (2012). Case report: incisional hernia as a complication of extreme lateral interbody fusion. *The Spine Journal*, 12(4):e1-6.
- Vivas AC, Januszewski J, Hajirawala L, Paluzzi JM, Gandhi SV, Uribe JS (2019). Incisional hernia after minimally invasive lateral retroperitoneal surgery: Case series and review of the literature. *Operative Neurosurgery*, 1;16(3):368-373.
- Paik NC (2010). Incisional hernia after anterior lumbar interbody fusion. *Spine*, 10:844.
- Dakwar E, Cardona RF, Smith DA, Uribe JS (2010). Early outcomes and safety of the of minimally invasive, lateral retroperitoneal transpsoas approach for adult degenerative scoliosis. *Journal of Neurosurgery*, 28(3):E8.
- Wang MY, Mummaneni PV (2010). Minimally invasive surgery for thoracolumbar spinal deformity: initial clinical experience with a clinical and radiographic outcomes. *Journal of Neurosurgery*, 28(3):E9.
- Hollinsky C, Sandberg S (2007). Measurement of the tensile strength of the ventral abdominal wall in comparison with scar tissue. *Journal of Clinical Biomechanics*, 22:88-92.

- Matsen SL, Krosnick TA, Roseberg GS, et al (2006). Preoperative and intraoperative determinants of incisional bulge following retroperitoneal aortic repair. *Annals of Vascular Surgery*, 20:183-7.
- Chatterjee S, Nam R, Fleshner N, Klotz L (2004). Permanent flank bulge is a consequence of flank incision for radical nephrectomy in one half of patients. *Urologic Oncology*, 22:36-9.
- Marquez A, Finol HJ (1991). Effects of neurotomy on human skeletal muscle ultrastructure. *Acta Científica Venezolana*, 42:319-25.
- Grevius MA, Cohen M, Shah SR, Rodriguez P (2006). Structural and functional anatomy of the abdominal wall. *Clinics in Plastic Surgery*, 33:169-79.
- Herbert GS, Tausch TJ, Carter PL (2009). Prophylactic mesh to prevent incisional hernia: a note of caution. *The American Journal of Surgery*, 197:595-8.
- Nieuwenhuizen J, Halm JA, Jeekel J, Lange JF (2007). Natural course of incisional hernia and indications for repair. *Scandinavian Journal of Surgery*, 96:293-6.
- Edwards C, Greiger T, Bartow K, et al. (2000) Laparoscopic transperitoneal repair of the abdominal wall. *Surgical Endoscopy*, 4(1):7-11.

IGNACIO PASCUAL CASTROVIEJO (SORZANO 1934-MADRID 2022). FUNDADOR DE LA NEUROLOGÍA INFANTIL ESPAÑOLA

JUAN JOSÉ RUIZ EZQUERRO*¹

VANESSA CISTERÉ LÓPEZ²

RESUMEN

Revisamos la biografía del promotor y fundador de la especialidad a caballo entre la Neurología y la Pediatría: la Neurología Infantil, Neurología Pediátrica o Neuropediatría, Ignacio Pascual Castroviejo, natural de Sorzano y miembro de una familia de médicos oriundos de dicha población.

Revisamos su formación tanto pregrado como postgrado, su amplia e importante labor asistencial, y sobre todo su papel en la formación de otros, numerosos, especialistas tanto nacionales como extranjeros.

Además, su contribución a los conocimientos de la Neurología Infantil, reflejados en la descripción de varias nuevas enfermedades y en la caracterización y conocimiento de otras.

Revisamos, sucintamente, su fecunda producción científica reflejada en multitud de conferencias, participación en congresos, publicaciones en revistas científicas y en libros.

Reflejamos, también sucintamente los numerosos reconocimientos que su figura y su labor han merecido tanto nacional como internacionalmente.

Palabras clave: *Pascual-Castroviejo, Historia Neurología infantil, Neuropediatría española, Síndromes Pascual-Castroviejo.*

We review the biography of the promoter and founder of the specialty that lies half way between Neurology and Pediatrics: Child Neurology, Pediatric Neurology or Neuropediatrics, Ignacio Pascual Castroviejo, born in Sorzano and member of a family of doctors from that town.

* Autor para correspondencia: JJ Ruiz Ezquerro. ruizezquerro@gmail.com

1. Neurólogo e historiador. Avda Prado Pocito 65, 37900 Sta Marta de Tormes (SA). Editor de Neurosciences and History. Sociedad Española de Neurología (SEN).
2. Historiadora. Secretaria Museo y Archivo Histórico SEN

We review his training, both undergraduate and postgraduate, his extensive and important clinical work, and above all his role in the training of numerous other specialists, both national and international.

In addition, his contribution to the knowledge of child neurology, reflected in the description of several new diseases and in the characterization of many others.

We review, succinctly, his prolific scientific production reflected in a multitude of conferences, participation in conferences, publications in scientific journals and books.

We also reflect, succinctly, the numerous recognitions that his figure and his work have deserved both nationally and internationally.

Keywords: Pascual-Castroviejo, History Child Neurology, Spanish Neuropediatrics, Pascual-Castroviejo Syndrome´s.

1. INTRODUCCIÓN

La contribución riojana a la Historia de la Ciencia y, más concretamente, a la Medicina, se remonta al siglo XIII con la figura de Diego del Villar, natural de Villar de Torre, médico (cirujano militar) de Alfonso VIII y probablemente autor de la trepanación efectuada a Enrique I (Escribano, 1846; Gonzalez, 1960, Jabato, 2016).

Hasta la figura más reciente de Ramón Castroviejo Briones (1904-1987), oftalmólogo de renombre mundial (Castroviejo, 1987; Murube, 2005, Valcayo, 2016) descendiente de Sorzano, el recorrido pasa por los hermanos Somovilla, Juan y Francisco (Fernandez, 2000, 2001) (probablemente naturales de Arnedillo, s XVI), litotomistas (“urólogos”) de la casa Real, Celedón Pardo Agüero (Ramirez, 2011) (natural de Tricio, s XVI-XVII), Pedro García Carro (Riera, 2004; Cervantes *et al.*, 2020) (natural de Calahorra, s XVI-XVII), Matías Lera Gil de Muro (Cervantes *et al.*, 2020; Juan, 1958, 1976) (natural de Arnedo, s XVII), Vicente Asuero y Cortazar (Caballero, 1873; Rodriguez, 1994) natural de Nájera (1806-1873), Tomás Corral y Oña (Comenge, 1914; Matilla, 1982), de Leiva, médico y ginecólogo de la Casa Real (1807-1882), Basilio San Martín Olaechea (Matilla, 1982), anestésista, natural de Cenicero (según algunas fuentes) (1821-1901), entre otros de menor significación.

A este amplio elenco de figuras de la Medicina nacional, y en algunos casos con proyección internacional, se añade recientemente la de Ignacio Pascual Castroviejo, como su apellido hace sospechar, emparentado con el Dr Castroviejo Briones, sobrino, y, como él, natural de Sorzano.

La villa de Sorzano, y en ella los apellidos Castroviejo y Pascual, han contribuido al panorama científico riojano, nacional e internacional, además de con la figura referida del Dr Castroviejo Briones (nacido en Logroño, pero descendiente de Sorzano, su padre Ramón Castroviejo Novajas, natural

de Sorzano, también oftalmólogo , aunque sin la proyección internacional que alcanzó su hijo) y de la figura que nos ocupa, con la figura de Samuel Ignacio Pascual Pascual (Sorzano 1953) sobrino de nuestro protagonista y, como él, Neurólogo Infantil con proyección internacional.

2. IGNACIO PASCUAL CASTROVIEJO

Nació en Sorzano (La Rioja) el 1 de junio de 1934 y falleció en Madrid, el 1 de febrero del 2022 (Sen 2004,2023; Martínez-Lage *et al* 1994, Pascual-Castroviejo 2014, 2017).

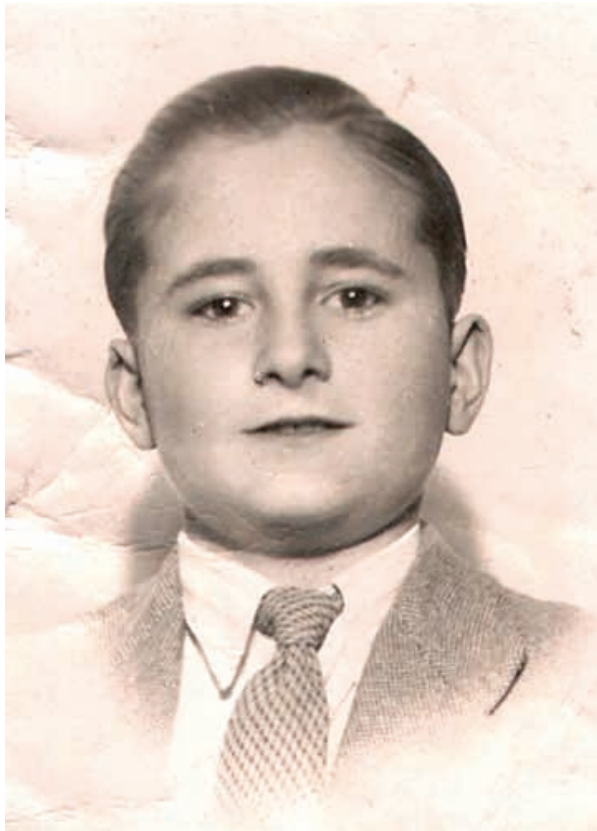


Figura 1. Ignacio Pascual Castroviejo (Sorzano 1934 – Madrid 2022).

Casado el 1 de febrero de 1967 con Alicia Lobo, con la que tuvo una hija también llamada Alicia, en 1980.

Vivió sus primeros 11 años en Sorzano, hasta los 19 en Logroño durante el curso y en Sorzano en los periodos vacacionales, y en Madrid desde su traslado para estudiar en la Universidad hasta su muerte.

Entre sus aficiones destacaremos que era un gran viajero, visitó multitud de países en los cinco continentes y, asociada a esta afición, pero también por motivos profesionales (su archivo fotográfico de pacientes debe ser impresionante, a tenor de lo que conocemos) era un buen fotógrafo.

2.1. Formación

Tras los estudios elementales en la escuela del pueblo (1939-1945), se trasladó a Logroño para realizar los siete cursos de bachillerato en el Colegio San José de los Hermanos Maristas.

Trasladado a Madrid en 1953 para realizar estudios universitarios. Empezó la carrera de Veterinaria para cambiar, tras cursar 2 años, a la de Medicina, en Madrid, en la Universidad Complutense, licenciándose en 1963.

Entre 1962 y 1964 realizó estancias temporales en los Servicios de Neurología del Hospital Universitario de Würzburg, en Alemania en 1962-1963 con el profesor HJ Hufschmidt, en la Unidad de Electromiografía y con el Dr Najmi en Neurorradiología; y en el Hospital Civil de Estrasburgo en Francia en 1964 con los profesores Isch (neurofisiólogo) y Auguste Wackenheim (neurorradiólogo).

Los conocimientos y la experiencia adquirida en estas estancias fueron decisivos en su formación y en el desarrollo de su actividad clínica, especialmente los adquiridos en Neurorradiología. Como consecuencia de este interés, en 1964 compró el libro recién publicado sobre Diagnóstico neurorradiológico del dominicano Juan Manuel Taveras (Taveras, 1964), “Biblia” de la Neurorradiología durante el decenio siguiente y figura cumbre de la radiología mundial.

Durante los dos últimos cursos de la carrera en el Hospital Clínico Universitario, en la Cátedra de Patología General del Profesor José Casas, IPC desarrolló su interés por la Neurología y la Medicina Interna, completando su formación durante los años 1962-1964 con la estancia referidas en los hospitales de Würzburg y Estrasburgo y como médico interno en el HCU y “ayudante”, o asistente del neurólogo Alberto Gimeno Alava, obteniendo el título de especialista en Neurología en 1964.

En 1965 obtiene además el título de especialista en Medicina Interna, al que tuvo que renunciar en 1972, para obtener el de Pediatría.

En 1968 obtuvo el grado de Doctor por la misma universidad en que curso su licenciatura, con la tesis (Pascual-Castroviejo, 1968): “Agenesia del cuerpo calloso, patogenia, malformaciones del tabique transparente, estudio neumoencefalográfico”.

2.2. Actividad asistencial

Entre 1962 y 1964 fue médico interno en el Hospital Clínico Universitario y “ayudante” del neurólogo Dr Gimeno Álava, realizando actividad asistencial general y neurológica de adultos.

En octubre del 64 se traslada con Alberto Gimeno a la recién inaugurada Clínica Puerta de Hierro, donde solo permanece durante 10 meses, realizando también actividad asistencial neurológica de adultos; para incorporarse el 1 de agosto de 1965 al Hospital infantil La Paz donde permanecería hasta su jubilación en 2004.

Durante su internado, realizó actividad asistencial general, mientras que como ayudante del Dr Gimeno Álava tanto en el HCU como en CPH la actividad asistencial era de Neurología de adultos.

A partir de su incorporación en Hospital Infantil La Paz, toda su actividad asistencial fue referida a Neurología Infantil.

Lo que comenzó siendo una Unidad (por cierto, denominada Neuromiología infantil (¡¡!)), se convirtió en Sección de Neurología Pediátrica en 1967. En 1968, IPC fue nombrado jefe de dicha sección (1 sept 1968). En 1972 fue nombrado jefe del Servicio de Neurología Pediátrica (1 agosto 1972) siendo confirmado su nombramiento en 1974 (6 de mayo 1974), puesto del que fue jubilado en 2004 por alcanzar la edad obligatoria de jubilación.



Figura 2. Dr Pascual Castroviejo. Sección de Neurología Infantil. HI La Paz. 1975.

Entre 1968 y 1970 formó parte del comité de clasificación de Discapacidades y de la Comisión de Reconocimiento, en el seno del (entonces denominado) “Plan de apoyo a los discapacitados”.

Hasta 2013 IPC mantuvo actividad asistencial privada, inicialmente de adultos para, progresivamente centrarse en niños, aunque los siguiese evolutivamente cuando llegaban a edades adultas.

2.3. Docencia

Tras licenciarse en 1962 y hasta su traslado a la Clínica Puerta de Hierro, fue profesor de clases prácticas a los alumnos de la Cátedra de Patología General del Profesor Casas.

Vinculado a la Universidad Autónoma de Madrid, prácticamente desde su institución participó en la docencia pregrado, posteriormente con su

nombramiento como Profesor Asociado del Departamento de Pediatría, de la Universidad Autónoma de Madrid, dirigió todos los años los cursos del doctorado y los cursos de formación continuada. En 2018 celebrando el 50 aniversario de la UAM, se publicó un libro conmemorativo, más centrado en los últimos años que en sus orígenes en el que se dedica un mínimo párrafo a IPC (UAM, 2018).

Pero el desarrollo de la función docente alcanzó su mayor significación con la docencia diaria efectuada con las lecciones que IPC impartía a los residentes y con las sesiones del Servicio.

El Servicio formó residentes “propios” de la especialidad de Neurología infantil o pediátrica (a IPC nunca le gustó, y por consiguiente nunca utilizó, el término de Neuropediatría) tras el reconocimiento de la misma. Pero también contribuyó a la formación de residentes de Pediatría que rotaban temporalmente por dicho servicio, inicialmente de forma voluntaria y posteriormente programada.

Pero, además, el Servicio contribuyó a la formación de Pediatras de otros centros en Neurología Infantil con periodos de formación generalmente de un año. Durante la jefatura de Servicio de IPC se formaron 30 neurólogos-pediatras nacionales y 66 procedentes de 18 países de Iberoamérica y uno de Marruecos.

2.4. Publicaciones

El Dr Pascual Castroviejo, ha sido uno de los médicos más prolíficos del panorama científico español, y muy probablemente mundial.

Además de su Tesis doctoral (Pascual-Castroviejo, 1968), dirigida por el Prof Orts Llorca, defendida en 1967 e inédita, son 11 los libros publicados como único o principal autor.

Desde 1971 con su primer libro sobre Diagnóstico clínico radiológico en Neurología Infantil (Pascual-Castroviejo, 1971), que supuso un hito en la literatura médica, con amplio reconocimiento en el ámbito nacional e internacional, a pesar de su limitada vigencia, condicionada por el afortunado desarrollo de técnicas de diagnóstico radiológico más eficaces y efectivas. El libro se basaba fundamentalmente en la neumoencefalografía (también en angiografía, mielografía y por supuesto en radiología convencional y ecografía). La afortunada aparición de la Tomografía Computarizada (TC) y poco después la Resonancia Magnética (RM) mucho más resolutivas y menos invasivas, desplazaron (en nuestro país de manera más lenta) a las técnicas referidas quedando el libro obsoleto, motivo por el cual no fue publicado en inglés, a pesar de estar realizada traducción y maquetación.

Tras doce años de actividad asistencial amplia y enriquecedora, con recogida de abundante material clínico y radiológico, publicó Neurología Infantil (Pascual-Castroviejo, 1983a), en dos volúmenes, con prólogo de su tío, el ilustre oftalmólogo Ramón Castroviejo. Al igual que todas las publicaciones de IPC sus libros están basados en su experiencia personal y en

material procedente de ella. El libro sigue siendo teniendo plena vigencia en la actualidad.



Figura 3. Algunos de los libros escritos por el Dr Pascual Castroviejo.

Con IPC como editor, además de autor, y la participación de un amplio elenco de especialistas nacionales e internacionales, se publicó en 1989 una revisión actualizada de los Trastornos Neuroectodérmicos (Pascual-Castroviejo, 1989).

En 1990 publica a solicitud de la ICNA, Spinal Tumors in Children and Adolescents (Pascual-Castroviejo, 1990).

En 1999 aparece el primero de sus libros dedicado a una patología emergente en la época en la edad infantil y adolescente (poco más tarde se comprobó también su presencia en adultos). Se trata del Déficit de atención con hiperactividad. El primer libro fue una Guía Práctica de diagnóstico y terapéutica (Pascual-Castroviejo, 1999) que fue reeditado dos años después (Pascual-Castroviejo, 2001a).

En 2004 y 2009 volvió a publicar sendos libros sobre el tema, reediciones actualizadas al respecto (Pascual-Castroviejo, 2004a, 2009a). También en 2008 incidió nuevamente en el tema planteándose la pregunta ¿existe la frontera entre personalidad y la patología? (Pascual-Castroviejo, 2008).

Uno de los libros más queridos por IPC fue publicado en 2001 por la Fundación ONCE, a solicitud y como apoyo a la Asociación Española de Neurofibromatosis a la que fueron destinados todos los beneficios de dicha edición. El libro se titula Neurofibromatosis y supone una revisión y actualización de los conocimientos sobre la enfermedad en la que IPC contó con la colaboración de 14 facultativos de diferentes centros españoles (Pascual-Castroviejo, 2001b).

Su penúltima obra, como autor único, es un libro de contenido autobiográfico, de difícil, pero interesante lectura en alguno de sus capítulos. Nos referimos a Emergencia y Decadencia de la reciente Medicina española (Pascual-Castroviejo, 2014), publicado en 2014, que, como él mismo señala, y como no podía ser menos, se trata de una “visión personal del autor”. Ciertamente IPC fue protagonista en ocasiones, y siempre testigo, del desarrollo de la Medicina hospitalaria en España, y especialmente de la relación entre la Medicina extrauniversitaria y universitaria. De recomendable lectura, muchos de los datos reflejados en esta revisión biográfica han sido obtenidos de él.

En 2017 ve la luz un libro de carácter histórico y también con componente autobiográfico, redundante en muchos aspectos en sus primeros 12 capítulos aunque también aporta alguna información novedosa respecto al anterior. Los 6 últimos capítulos contienen la información que se corresponde con el título de la obra: Pioneros de la Neurología Pediátrica en España (Pascual-Castroviejo, 2017).

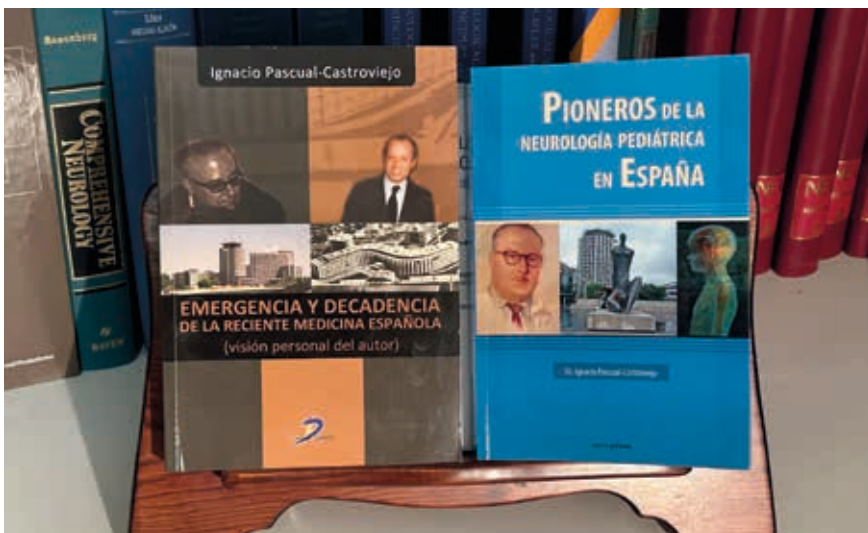


Figura 4. Los dos últimos libros del Dr Pascual Castroviejo.

Ambos libros reflejan la visión particular del autor en dos temas recurrentes y fundamentales: el desarrollo de la medicina extrauniversitaria y su relación con la universitaria y el desarrollo de la Neurología Infantil con las dificultades para el desarrollo de las especialidades tanto médicas como pediátricas impuestas por las diferentes cátedras y por los “troncos” de las mismas: Medicina Interna y Pediatría General.

En 2008, junto con Martino Ruggieri y Concezio Di Rocco, en calidad de editores, vio la luz “Trastornos neurocutaneos. Facomatosis y Síndromes hamartoneoplásticos, autores y libro referentes y referencia mundial en la materia (Ruggieri *et al.* 2008).

Además, participó con la redacción de diversos capítulos en obras dirigidas por otros autores tanto nacionales como extranjeros, entre los que señalaremos como más significativos entre los españoles: Ataxias y paraplejias hereditarias (Editado por J Berciano) (Pascual-Castroviejo, 1983b) o el Tratado de Neurología (editado por J Pascual) (Pascual-Castroviejo, 2009b, 2012). Y entre los extranjeros (más de 12 participaciones) sus colaboraciones en Neurocutaneous Diseases (editado por M Rodríguez Gómez en 1987) (Pascual-Castroviejo, 1987a,b) y Neurocutaneous Disorders (editado por S Roach y VS Miller en 2004) (Pascual-Castroviejo, 2004b,c) entre otros.

IPC solo dirigió dos tesis en su carrera (Pascual, 2000) Y (Quijano, 2004).

Una consulta a Dialnet, muestra como resultados globales sobre la producción científica de IPC, 128 artículos en revistas, 10 libros, 1 colaboración en obra colectiva, 1 tesis doctoral y 2 tesis doctorales dirigidas. Como hemos visto, y seguiremos haciéndolo, la producción de nuestro autor es mucho mayor.

La principal base bibliográfica mundial de Medicina, Pubmed, muestra unos resultados más completos: 328 trabajos, 307 artículos en revistas nacionales e internacionales firmado como I Pascual-Castroviejo, con factor de impacto importante, de los cuales en 175 figura como autor principal, 35 de ellos en solitario, mientras en 132 figura como colaborador y 21 como IP Castroviejo. Mas de un centenar de ellos publicados en revistas extranjeras.

2.5. Aportaciones a la Neurología Infantil

Además de su contribución, primordial, en el nacimiento y desarrollo de la especialidad y en la formación de especialistas de la misma, IPC realizó diversas aportaciones al cuerpo de doctrina de la Neurología Infantil.

La extensa y profunda experiencia del Dr IPC, fruto de su dedicación asistencial que le proporcionó una casuística excepcional, se tradujo además de en toda la producción científica reflejada en sus publicaciones, en la descripción de cuadros patológicos no descritos con anterioridad.

Es el caso del Síndrome Pascual Castroviejo I (Displasia cerebro-facio-trorácica) que describió en 1975 (Pascual-Castroviejo *et al.*, 1975).

O del más frecuente y conocido Síndrome Pascual Castroviejo II (Malformaciones intracraneales vasculares y no vasculares asociadas con hemangiomas capilares externos) descrito en 1978. Los dermatólogos acuñaron el acrónimo PHACES (P = malformación de fosa posterior, H = hemangioma, A = anomalías arteriales, C = coartación de aorta/defectos cardíacos, E = alteraciones oculares, S = síndrome) con el que también es conocido (Pascual-Castroviejo, 1978, 2005)).

Sus aportaciones al conocimiento de patologías como la Esclerosis tuberosa, La neurofibromatosis, las neuromelanos, la epilepsia,... o el TDAH, reflejadas en su abundante bibliografía han sido fundamentales y merecedoras del reconocimiento científico mundial.

2.6. Sociedades científicas

Sería muy prolijo reseñar todas las Sociedades científicas de las que el Dr Pascual Castroviejo fue miembro, de las que fue nombrado miembro de honor, así como referir todas las distinciones honoríficas que recibió a lo largo de su dilatada carrera profesional. Referimos algunas de ellas, probablemente ni siquiera las más importantes, pero si las más significativas (Sen 2004,2023; Martínez-Lage *et al* 1994, Pascual-Castroviejo 2014, 2017). .

Representante de la Soc Madrileña de Pediatría, en la recién creada Sección de Neurología Pediátrica de la Asociación de Pediatras Españoles. Dicha Sección, creada en 1967, supuso el reconocimiento (al menos desde un punto de vista teórico), que no la aceptación, de la especialidad de Neurología Infantil por parte de la Pediatría General.

En 1969 formó parte del comité constituyente y fundador de la Sociedad Europea de Neuroradiología.

Miembro fundador de la Sociedad Internacional de Neurología Infantil (International Child Neurology Association, ICNA) en 1973

Fue Vicepresidente de la Sociedad española de Neurología en 1987-88 y Presidente de la misma en 1989-90, periodo en que se dedicó a la reforma, modernización y dinamización de dicha sociedad, sentando las bases de lo que es hoy.

Presidente de la Comisión Nacional de Neurología entre 1989 y 1993.

En 1990 reunidas la representantes de la Asociación Española de Pediatría (AEP), de la Sección de Neurología Infantil de la misma y de la Sociedad Española de Neurología (SEN)/Comisión Nacional de Neurología (Dr IPC entre ellos), se reconoce la Especialidad de Neurología Pediátrica y se establece el programa de formación.

En 1993 se fusionan la Sección de Neurología Pediátrica (dependiente de AEP) y la Sociedad de Neurología Pediátrica (dependiente de SEN) y se crea la Sociedad Española de Neurología Pediátrica (SENEP).

Miembro de la Academia Peruana de Medicina, de la Academia Iberoamericana de Neurología Pediátrica.



Figura 5. Dr Pascual Castroviejo. Presidente de la SEN (1989-1990).

Miembro de honor de más de 20 sociedades españolas y extranjeras: Soc Valenciana de Pediatría, Sociedad Madrileña de Neurología (2007),... Sociedad Argentina de Neurología Infantil (1977), Soc Mexicana de Neurología (2011),....

Miembro de diversos comités editoriales, como por ejemplo del Journal of Child Neurology o de Neuropediatrics.

AGRADECIMIENTOS

A D^a Alicia Lobo y al Dr Samuel Ignacio Pascual Pascual por su información y por facilitar algunas imágenes.

BIBLIOGRAFÍA

- Caballero, F. (1873). Biografía del Doctor Don Vicente Asuero y Cortazar. Madrid.
- Castroviejo, A. (1987) Ramón Castroviejo. Mi padre. *ABC pag 64. Tribuna Abierta*. 11 de enero de 1987.
- Cervantes, E. y Rubín, J. (2020). La Ciencia en el Valle del Cidacos: Naturalistas y Médicos en la Corte. Un recorrido académico, científico y cultural desde el siglo XVI.
- Comenge y Ferrer, L. (1914). Tomás Corral y Oña. La medicina en el siglo XIX: apuntes para la historia de la cultura médica en España. Barcelona, 1914. Hijos de J. Espasa. pp. 653-655.
- Escribano García, V (1946). La calavera de Enrique I de Castilla (1203-1917). *Actualidad Médica*. Granada.
- Fernández Fernández, A. (2000) “Francisco de Somovilla: Eminente cirujano urólogo en el Renacimiento”, en *Zubía* (Logroño), 12 (2000), págs. 103-110.
- Fernández Fernández, A. (2001) Los Somovilla: familia de litotomistas riojanos. datación de su trayectoria en Arnedillo, siglo XVI. *Actas urológicas españolas*, 2001;10:692-697.
- González, J. El reino de Castilla en la época de Alfonso VIII. Madrid, 1960.
- Jabato Dehesa, MJ. (2016) En el octingésimo aniversario de la muerte de Enrique I de Castilla (17-2017): El estudio del Dr Escribano García sobre la trepanación del rey niño. *Boletín de la Institución Fernán González*. Burgos, XCV, 253 (2016/2):473-507.
- Juan (de) Martín, M. (1958). El cirujano Matías de Lera y su obra “Práctica de fuentes”. Logroño; 1958; *Berceo*; 46:49-73.
- Juan (de) Martín, M. (1976). Matías de Lera, cirujano del siglo XVII. Bilbao.
- Martínez-Lage JM, López-Pousa S, Tolosa E. (1994). Autobiografía de la Sociedad Española de Neurología (1949-1994) y otras memorias de la neurología española. Barcelona: Uriach 1838; 1994. ISBN 84-87452-21-3. p. 22-3.
- Matilla Gómez, V. (1982). «Excmo. Sr. D. Tomás Corral y Oña». Galería de presidentes de la Real Academia Nacional de Medicina. Madrid. 1982. pp. 11-18.
- Matilla, V. (1982) Galería de Presidentes de la Real Academia Nacional de Medicina, Madrid, Instituto de España, 1982, págs. 105-114.
- Murube, J. (2005). “Ramon Castroviejo Centenary: A life dedicated to corneal transplantation”, *Survey of Ophthalmology*, 50:215-225.
- Pascual Castroviejo, I. (1968). Agnesia del cuerpo calloso, patogenia, malformaciones del tabique transparente, estudio neumoencefalográfico Tesis doctoral dirigida por Francisco Orts Llorca (dir. tes.). Universidad Complutense de Madrid (1967).
- Pascual Castroviejo, I. (1971). Diagnóstico clínico radiológico en Neurología infantil. Ed Científico-Médica. Barcelona.

- Pascual-Castroviejo I., Santolaya J.M., Martin V.L., Rodriguez-Costa T., Tendido A. and Mulas F., (1975) Cerebro-facio-thoracic dysplasia: Report of three cases, *Dev Med Child Neurol* 17:343–351.
- Pascual-Castroviejo I. (1978). Vascular and nonvascular intracranial malformations associated with external capillary hemangiomas. *Neuroradiology* 1978; 16: 82-4
- Pascual Castroviejo, I. (1983a). Neurología infantil. Barcelona : Editorial Científico-Médica.
- Pascual Castroviejo, I. y Pascual Pascual, SI. (1983b) Ataxias congénitas de presentación en la infancia. En: *Ataxias y paroplejias hereditarias. Aspectos clínicos y genéticos*. Berciano J (Ed) Madrid, 1983.
- Pascual Castroviejo, I. (1987a). Hipomelanosis of Ito. In: *Neurocutaneous Diseases. A practical approach*. M Rodríguez Gómez (Ed). New York.
- Pascual Castroviejo, I. (1987b). MelanoNeurocutanea. In: *Neurocutaneous Diseases. A practical approach*. M Rodríguez Gómez (Ed). New York.
- Pascual Castroviejo, I. (1989). (Ed). Trastornos neuroectodérmicos. JR Prous, Barcelona.
- Pascual-Castroviejo, I. (1990). (Editor). Spinal Tumors in Children and Adolescents. The International Review of Child Neurology Series, Raven Press, New York.
- Pascual Castroviejo, I. (1999). Síndrome de déficit de atención con hiperactividad: guía práctica diagnóstica y terapéutica. Barcelona : César Viguera.
- Pascual Castroviejo, I. (2001a). Síndrome de déficit de atención con hiperactividad: guía práctica diagnóstica y terapéutica. Barcelona : César Viguera.
- Pascual Castroviejo, I. (2001b). Neurofibromatosis Madrid : Fundación ONCE.
- Pascual Castroviejo, I. (2004a). Síndrome de déficit de atención con hiperactividad. Barcelona : César Viguera.
- Pascual Castroviejo, I. (2004b). Hipomelanosis of Ito. In: *Neurocutaneous Disorders*. Roach S, Miller VS (Eds). Cambridge.
- Pascual Castroviejo, I. (2004c). Cutaneous hemangiomas. Vascular anomaly complex. In: *Neurocutaneous Disorders*. Roach S, Miller VS (Eds). Cambridge.
- Pascual-Castroviejo I, Pascual-Pascual SI, Velázquez-Fragua R, García L, López-Gutiérrez JC, Viano-López J, Martínez V, Palencia R. (2005). Hemangiomas y malformaciones vasculares cutáneas y patología asociada (síndrome de Pascual-Castroviejo tipo II). Presentación de 41 pacientes. *Rev Neurol*. 2005, 6-31;41(4):223-36.
- Pascual Castroviejo, I. (2008). Hiperactividad: ¿existe frontera entre personalidad y patología? Madrid. Díaz de Santos.
- Pascual Castroviejo, I. (2009a). Síndrome de déficit de atención-hiperactividad. Madrid. Díaz de Santos, D.L.

- Pascual Castroviejo, I. (2009b, 2011). Síndromes neurocutaneos. En: *Tratado de Neurología*. J Pascual (Ed). 2009, 2012.
- Pascual Castroviejo, I. (2014). Emergencia y decadencia de la reciente medicina española: (visión personal del autor) [Madrid] : Díaz de Santos, D.L.
- Pascual Castroviejo, I. (2017). Pioneros de la neurología pediátrica en España. Madrid : Ópera Prima.
- Pascual Pascual, SI. (2000). Evaluación de la madurez para el dibujo de la infancia desarrollo y validación de un test grafomotor en la población infantil normal y en el niño con discapacidad neuropsiquiátrica. Tesis doctoral dirigida por Ignacio Pascual Castroviejo (dir. tes.). Universidad Autónoma de Madrid.
- Quijano Roy, S. (2004). Caracterización fenotípica y genética de una serie de pacientes con distrofia muscular congénita avances en las formas con deficiencia primaria en merosina e identificación de nuevas formas con deficiencia secundaria y con expresión normal de merosina. Tesis doctoral dirigida por Ignacio Pascual Castroviejo (dir. tes.). Universidad Autónoma de Madrid.
- Ramírez Martínez, JR. (2011). El médico Don Celedón Pardo y Agüero, natural de Tricio. *Piedra de rayo: Revista riojana de cultura popular*; N° 37, 2011, págs. 72-87.
- Riera Palmero, J. (2013) «Pedro García Carrero». *Diccionario biográfico español*. Consultado el 12 de febrero de 2024.
- Rodríguez Mínguez, L (1994). «Don Vicente Asuero y Cortázar. Un ilustre desconocido de la Hidrología Médica Española». *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 1994; 9 (3): 163-167.
- Ruggieri, M, Pascual-Castroviejo, I y Di Rocco, C. (2008) (Eds) Neurocutaneous disorders: phakomatoses and hamartoneoplastic syndromes. ES-pringer Verlag, Berlin, New York.
- Sociedad Española de Neurología. (2004) Nominación miembro numerario de honor. profesor Ignacio Pascual Castroviejo. Boletín. 2004. 17(2):12-3. Disponible en: <https://www.sen.es/pdf/2004/honor2004.pdf>.
- Sociedad Española de Neurología. (2023) In memoriam del Dr. Ignacio Pascual Castroviejo. Disponible en: <https://www.sen.es/noticias-y-actividades/noticias-sen/3047-in-memori-am-del-dr-ignacio-pascual-castroviejo>.
- Taveras, JM y Wood, EH. (1964). Diagnostic Neuroradiology. Univ Michigan, Williams & Wilkins.
- UAM. (2018). 50 años de la Facultad de Medicina de la UAM. Quid Ultra Faciam?. Madrid.2018.
- Valcayo Peñalva, I. (2016). Ramón Castroviejo. Trayectoria científica e intelectual de un oftalmólogo del siglo XX. Tesis. Universidad Complutense de Madrid (España), 2016.

VARIA

NOTA SOBRE LA OBSERVACIÓN DE FÍSTULA ORAL EN FOCHA COMÚN (*FULICA ATRA*) EN LA GRAJERA, LOGROÑO

JUAN JOSÉ MOLINA¹
ALVARO CAMIÑA*²

Reportamos en esta nota una observación realizada en el Embalse de la Grajera a las 17 horas del 28 de mayo de 2022 sobre una Focha común *Fulica atra* con una fístula oral, Fotos 1 y 2. El ave se detectó y observó en buena condición corporal y sin exhibir comportamiento alguno que sugiriera encontrarse impedida para alimentarse.

La presencia y registro de anomalías funcionales en aves salvajes son escasas debido principalmente a que dichos individuos no sobreviven durante un largo período de tiempo. Esto es especialmente patente en individuos con defectos de su aparato alimentario, ya que éste les impediría hacerlo de manera adecuada, afectando a su condición corporal. La fístula sublingual consiste en el desarrollo de una abertura en la base de la cavidad oral, a través de la cual sobresale la lengua, que aparece exteriormente de manera permanente. El resultado al cabo del tiempo es la deshidratación de la misma y su muerte. Los primeros casos descritos tuvieron lugar por Castro y Taylor (2001) en Nueva Zelanda en el Hihi (*Notiomystis cincta*), una especie de paseriforme. Desde ese momento se han sucedido otras publicaciones sobre el mismo tema y distintas especies (Low et al. 2007, Reynolds et al. 2009, Hughes et al. 2013). En el caso concreto de España ya habíamos observado dos casos en Buitre leonado *Gyps fulvus* en sendos buitres diferentes, ambos en Aragón en 2006 y 2010 (Abrego et al. 2007, Camiña y Guerrero 2013), habiéndose observado también en Charadriiformes (A. Gutiérrez, com. Pers.). Esta sería nuestra tercera cita y segunda especie en la que observamos este defecto. Sin duda deben existir más especies e individuos que pasan desapercibidos si no se observan con el ave en mano o a corta distancia. A nivel internacional hasta el momento se han reportado al menos 188 observaciones en 82 especies diferentes.

BIBLIOGRAFÍA

Ábrego, J., E. Montelío y Camiña, A. (2007). Description of a bill abnormality in a Griffon Vulture *Gyps fulvus* in Spain. *Vulture News*, 56: 64.

1. Calle Pontevedra 34, bajo 26007 Logroño.

2. *ACRENASL Apartado de Correos 339, 28220 Majadahonda acamia@acrenasl.eu



Foto 1 Vista completa del individuo



Foto 2 Detalle de la cabeza

- Camiña, A. y Guerrero, L.M. (2013). An Eurasian Griffon *Gyps fulvus* disadvantaged for feeding. *Vulture News*, 64: 66–68.
- Castro, I. y Taylor, J. (2001). Survival and reproductive success of Stitchbird (hihi, *Notiomystis cincta*) suffering from a bill abnormality (oral fistula). *Notornis*, 48: 241–244.
- Hughes, B. J., Martin, G. R., Wearn, C. P., & Reynolds, S. J. (2013). Sublingual Fistula in a Masked Booby (*Sula dactylatra*) and Possible Role of Ectoparasites in its Etiology. *Journal of Wildlife Diseases*, 49(2), 455–457. doi:10.7589/2012-03-085
- Low, M., Alley, M. R., & Minot, E. (2007). Sub-lingual oral fistulas in free-living stitchbirds (*Notiomystis cincta*). *Avian Pathology*, 36(2), 101–107. doi:10.1080/03079450601142570
- Reynolds, S.J., Martin, G.R., Wearn, C.P. & Hughes, B.J. (2009). Sub-lingual oral fistulas in Sooty Terns (*Onychoprion fuscata*). *Journal of Ornithology*, 150: 691–696.

ZUBÍA	
ISSN 0213-4306 Las palabras que se citan aquí se pueden reproducir sin restricción alguna	Fechas de publicación: 31-03-2024
<p>CDU 597 (282.246.11)</p> <p>CARLOS ZALDÍVAR EZQUERRO, RICARDO ZALDÍVAR LÓPEZ</p> <p>El decaimiento de los peces autóctonos del río Ebro (España): apuntes para su historia contemporánea</p> <p><i>The decay of the native freshwater fish of the Ebro River (Spain): notes for its contemporary history</i></p> <p>ZUBÍA, 2023, 41, pp. 9-82</p> <p><i>ABSTRACT: A bibliographic review has been carried out to quantify the distribution changes suffered by the native freshwater fish of the Ebro River. As an impact of the alterations produced by human activity, the distribution ranges of the native fish species of the Ebro River have been reduced by 62%, 5 species (18.52%) have become extinct, another 18 (66.67%) have reduced their distribution areas and only 4 (14.81%) preserve them in their entire length. There are thirteen threat factors that would explain this decline; the most cited in the literature are: water pollution, the construction of dams and reservoirs, the introduction of exotic species and dredging and canalizations. This indicates that the initiatives carried out by the administrations to protect the native fish of the Ebro River have not been effective.</i></p> <p><i>It is suggested that this loss of biodiversity be addressed from a broader ecosystem approach, which focuses on the restoration of habitats and natural flow regimes, from a management that coordinates all administrations and entities that manage the basin in that direction.</i></p> <p><i>Keywords: Native freshwater fish, Ebro River, Spain, Decay.</i></p> <p>Palabras clave: Peces autóctonos, Río Ebro, España, Decaimiento.</p>	<p>CDU 628.473 (460.21)</p> <p>PEDRO MUÑOZ, CARLOS GONZÁLEZ-MENORCA, REBECA SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, NURIA CANDELA (†)</p> <p>El rol de la digestión anaerobia en la agroindustria riojana en el marco de la transición energética</p> <p><i>Mapping of wastes and by-products from the food industry and its role in gas sector</i></p> <p>ZUBÍA, 2023, 41, pp. 125-144</p> <p><i>ABSTRACT: The agri-food sector is permanently evolving and nowadays is facing important challenges derived from sustainability policies and market requirements. Hence, the proper management of residues and effluents has become a key factor not only due to the laws in force, but also because of view of operation efficiency and market requirements, as well. Thus, this paper assesses the potential use of the organic waste generated by agroindustry, in La Rioja, as a source of bio-fuel generation. For such purpose, primary data have been directly collected from factories and the stream wastes have been sampled and characterized. Despite this study must be further developed, until now, collected data leads to theoretically estimate that the region might produce up to 200 GWb per year. This value poses an important contribution to the region's energy independence, the improvement of the environmental footprint and the generation of added value for companies and rural localities.</i></p> <p><i>Keywords: Biometane, food, Waste, La Rioja, Potential.</i></p> <p>Palabras clave: Biometano, Agroalimentaria, Residuos, La Rioja, Potencial.</p>
<p>CDU 56 (460.21)</p> <p>ESPERANZA GARCÍA-ORTIZ, FÉLIX PÉREZ-LORENTE</p> <p>Nuevas observaciones (pisadas y marcas de natación de dinosaurios) en el yacimiento de La Cela (Muro en Cameros, La Rioja, España)</p> <p><i>New observations (dinosaur footprints and swimming traces) at the Cela site (Muro en Cameros, La Rioja, Spain)</i></p> <p>ZUBÍA, 2023, 41, pp. 83-124</p> <p><i>ABSTRACT: The Cameros Basin (Northern Spain) is one of the most prolific places in the world to study dinosaur footprints. During the last decade, works have continued to be published, with new findings and different PhD investigations carried out, which has meant an in-depth review of the territory. This paper shows the new findings resulting from the review of the site known as La Cela, located in the town of Muro en Cameros. In this place, new traces of different ichnotypes and swimming marks have been documented in outcrops belonging to the Oncala group, being the first swimming marks found at this tithostratigraphic level.</i></p> <p><i>Keywords: Cameros, behaviour, dinosaurs, ichnites, swimming, Lower Cretaceous.</i></p> <p>Palabras Clave: Cameros, comportamiento, dinosaurios, icnitas, natación. Cretácico Inferior.</p>	<p>CDU 618.36</p> <p>MAITE CORTÉS ANTOLÍN, MARIANO LAGUNA OLMOS, JOSÉ FÉLIX GARCÍA FERNÁNDEZ, SARA ARRIETA BRETÓN, ANA CRISTINA RUIZ PEÑA, ANDREA GUTIÉRREZ LANDALUCE</p> <p>Aspecto placentario anormal, placenta gruesa de aspecto radial como marcador ecográfico de resultado perinatal adverso. Reporte de 3 casos</p> <p><i>Abnormal placental appearance, thick placenta with radial appearance as a sonographic marker for adverse perinatal outcome. A report of 3 cases</i></p> <p>ZUBÍA, 2023, 41, pp. 145-154</p> <p><i>ABSTRACT: Introduction and objectives: We suggest the inclusion of thickened placental ultrasound appearance in the management of patients with early-onset intrauterine growth restriction due to placental cause.</i></p> <p><i>Keywords: Thickened placenta. Intrauterine growth restriction. Perinatal outcomes. Ultrasonography.</i></p> <p>Palabras Clave: Placenta gruesa. Restricción del crecimiento intrauterino. Resultados perinatales. Ecografía.</p>

CDU 616.34

PALOMA SEVILLA ORTEGA, PAULA ISLA SARASA, AMAIA AGUIRRE ETXEBARRÍA, MANUEL MALILLOS TORÁN, BORJA ANTÓN CAPITÁN, NATALIA IBAÑEZ APARICIO

Hernia abdominal como complicación tras fusión lumbar intersomática mediante abordaje lateral transposas. A propósito de un caso

Abdominal hernia as a complication after lumbar intersomatic fusion through lateral transposas approach. A case report

ZUBÍA, 2023, 41, pp. 155-162

ABSTRACT: Extreme lateral interbody fusion (XLIF) is a minimally invasive transposas approach for spine surgery. It is becoming popular due to its safety and low complication rate (<5%). However, incisional hernias happen in 1 out of every 100 patients who undergo this type of surgery. Although the cause remains unknown, transversalis fascia is pointed out by some authors as the main element in the structural stability of the retroperitoneum. Therefore, a deficient repair of the fascia will originate abdominal wall eventrations.

We present a 62-year-old woman who underwent LLIF for lumbar arthrodesis L2-S1. After two-year postoperative follow-up, an incisional hernia developed in the posterolateral abdominal wall, which was successfully treated by laparoscopic surgery.

Keywords: Lumbar arthrodesis, extreme lateral interbody fusion, incisional hernia, transversalis fascia.

Palabras clave: Artrodesis lumbar, fusión intersomática lumbar lateral transposas, hernia incisional, fascia transversal.

CDU 929 (460.21)

JUAN JOSÉ RUIZ EZQUERRO, VANESSA CISTERÉ LÓPEZ

Ignacio Pascual Castroviejo (Sorzano 1934-Madrid 2022). Fundador de la Neurología infantil española

Ignacio Pascual Castroviejo (Sorzano 1934-Madrid 2022). The founder of Spanish Child Neurology

ZUBÍA, 2023, 41, pp. 163-176

ABSTRACT: We review the biography of the promoter and founder of the specialty that lies half way between Neurology and Pediatrics: Child Neurology, Pediatric Neurology or Neuropediatrics, Ignacio Pascual Castroviejo, born in Sorzano and member of a family of doctors from that town.

We review his training, both undergraduate and postgraduate, his extensive and important clinical work, and above all his role in the training of numerous other specialists, both national and international.

In addition, his contribution to the knowledge of child neurology, reflected in the description of several new diseases and in the characterization of many others.

We review, succinctly, his prolific scientific production reflected in a multitude of conferences, participation in conferences, publications in scientific journals and books.

We also reflect, succinctly, the numerous recognitions that his figure and his work have deserved both nationally and internationally.

Keywords: Pascual-Castroviejo, History Child Neurology, Spanish Neuropediatrics, Pascual-Castroviejo Syndrome's.

Palabras clave: Pascual-Castroviejo, Historia Neurología infantil, Neuropediatría española, Síndromes Pascual-Castroviejo.

REVISTA ZUBÍA

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Los trabajos no habrán sido presentados y/o publicados en otra revista. Serán evaluados por, al menos, dos evaluadores externos expertos en el tema. En caso de opiniones opuestas entre ambos revisores, se contactará con un tercero para poder alcanzar una decisión.

Sugerencias de revisores

Envíe los nombres y las direcciones de correo electrónico institucionales de varios revisores potenciales, al menos cuatro o cinco revisores.

No debe sugerir revisores que sean colegas, o que hayan sido coautores o hayan colaborado con usted durante los últimos tres años. La dirección de la revista no invita a revisores que puedan tener conflicto de intereses con los autores. Además, con el fin de proporcionar una evaluación amplia y equilibrada del trabajo y garantizar el rigor científico, sugiera diversos candidatos a revisores que se encuentren en diferentes países o regiones del grupo de autores. Considere también otros atributos de diversidad, por ejemplo: género, raza y etnia, etapa de la carrera, etc. Finalmente, no debe incluir miembros existentes del Consejo de Redacción de la revista, de los cuales la revista ya tiene conocimiento.

Nota: La dirección de la revista decide si invita o no a los revisores sugeridos.

Los originales aceptados después del proceso de revisión quedan como propiedad de la Revista Zubía y no podrán ser reproducidos total o parcialmente sin permiso de esta publicación. La revista, en virtud de un acuerdo con la Universidad de La Rioja, irá haciendo aparecer en internet (DIALNET) los artículos de forma íntegra.

Para su publicación, los trabajos **serán enviados por correo electrónico** a la dirección: publicaciones.ier@larioja.org. En caso de exceder el tamaño permitido en el buzón del correo, se puede adjuntar el cuerpo central del manuscrito en dicho e-mail y las figuras/tablas/fotografías podrán ser enviadas a través de *dropbox* u otra plataforma similar identificando correctamente el manuscrito al que pertenecen. Deberán estar escritos en castellano, a doble espacio, en letra Times New Roman tamaño 12, notas en Times New Roman tamaño 10. La extensión total de los trabajos no deberá superar las 25 páginas, incluidas tablas, figuras, fotografías, referencias bibliográficas y apéndices si los hubiera, aunque pueden publicarse artículos de mayor extensión si su interés así lo aconseja. Todas las líneas del manuscrito han de ser numeradas sucesivamente.

La primera página incluirá el título en español y en inglés. A continuación, figurará el autor/es, indicando con un asterisco el autor de referencia (*corresponding author*) del que habrá que incluir los datos de lugar de trabajo, dirección postal y correo electrónico y quien será la persona de contacto de la revista para llevar a cabo las revisiones pertinentes del manuscrito. En la segunda página se presentarán dos resúmenes, en español e inglés, y las palabras clave que definan el trabajo, también en ambos idiomas. La extensión máxima de los resúmenes será de 150 palabras cada uno y las palabras clave entre tres y cinco.

Los apartados para los artículos originales serán: 1. INTRODUCCIÓN, 2. METODOLOGÍA, 3. RESULTADOS, 4. DISCUSIÓN, 5. CONCLUSIONES, 6. AGRADECIMIENTOS y finalmente, sin número de apartado, las REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. Si existen conflictos de intereses, han de especificarse en el manuscrito. En los artículos de revisión, no será necesario cumplimentar todos los apartados anteriormente citados. Los epígrafes se numerarán jerárquicamente y responderán a la siguiente tipología: **1. MAYÚSCULAS Y NEGRITA; 1.1. Minúsculas y negrita; 1.1.1. Minúsculas y cursiva; a) Minúsculas normal.**

Las tablas, figuras y fotografías se numerarán de forma correlativa y deberán ser de muy buena calidad. En el texto se indicará el lugar en el que deben ir colocadas en la publicación final.

Las citas bibliográficas en el texto se harán con el autor y entre paréntesis el año de publicación: Camiña (2004) o bien el autor y el año todo entre paréntesis (Camiña, 2004). Si el trabajo corresponde a más de dos autores, se especificará el primero, añadiendo posteriormente *et al.* Al final del texto se incluirán las referencias bibliográficas **por orden alfabético**, indicando el nombre de la revista en cursiva y de acuerdo con el siguiente modelo:

- Gallart, F. (1990). El papel de los sucesos lluviosos de baja frecuencia en la evolución geomorfológica de las áreas de montaña. En: *Geoecología de las áreas de montaña* (García Ruiz, J.M., ed.). Geoforma ediciones, Logroño, 95-113.
- García, R. y Del Lemus, M.C. (1986). Flora biológica y sus comunidades de encinares de La Rioja. *Zubía*, 4, 69-86.



ZUBÍA

41



IER

Instituto de
Estudios Riojanos