

Caracterización bioestratigráfica mediante foraminíferos planctónicos de los términos basales del Flysch Calcáreo (Cretácico Superior) entre Andoain e Irun (Pirineos occidentales).

Biostratigraphic characterisation by means of planktonic foraminifera of the basal terms of the Calcareous Flysch (Late Cretaceous) between Andoain and Irun (Western Pyrenees).

Arantxa Bodego^{1,2*}, Martín Ladron de Guevara^{1,2}, Eneko Iriarte^{3,2}



Resumen

Las dataciones propuestas por diversos autores para la base de los depósitos del Flysch Calcáreo del Cretácico Superior, que afloran en el margen NW del macizo paleozoico de Bortzirriak (margen NE de la Cuenca Vasco-Cantábrica) presentan diferencias, por lo que se ha procedido a realizar un estudio bioestratigráfico en detalle de estos sedimentos. Los resultados del análisis bioestratigráfico basado en el estudio de foraminíferos planctónicos, arrojan una edad diacrónica para su base. Por una parte, se constata la existencia de un

¹ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).
Geologia Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea.
Sarriena auzoa z/g, 48940 Leioa, Bizkaia.

*Correspondencia: arantxa.bodego@ehu.eus

² Aranzadi Zientzia Elkartea.
Zorroagaina 11, 20014 Donostia – San Sebastián, Gipuzkoa.

³ Laboratorio de Evolución Humana, Departamento de Historia,
Geografía y Comunicación – Laboratorio de Isótopos Estables
IsoTOPIK.

Edificio de I+D+i, Universidad de Burgos.
Plaza Misael Bañuelos s/n, 09001 Burgos.



hiato general que abarca desde el Cenomaniense inferior hasta el Turoniense superior y que alcanza el Campaniense superior en el anticlinal de Txoritokieta, reflejo de un paleoalto submarino que no fue cubierto completamente por lo menos hasta esa edad. Por otro lado, materiales de resedimentación, brechas, de edad Turoniense superior-Coniaciense indican procesos erosivos de unidades estratigráficas subyacentes, que localmente pueden ampliar el hiato general del área. La existencia de calizas someras de edad Cenomaniense medio-superior en la zona de Fagollaga, citada por varios autores, sugeriría la sedimentación y posterior erosión de materiales de plataformas someras cenomanienses durante la sedimentación del Flysch Calcáreo. Finalmente, este estudio constata una transgresión marina durante el Cretácico Superior, que inundó y cubrió de materiales marinos relativamente profundos el macizo paleozoico de Bortziriak.

Palabras clave: Flysch Calcáreo, Cretácico Superior, foraminíferos planctónicos, rift cretácico, macizo paleozoico de Bortziriak-Cinco Villas, Cuenca Vasco-Cantábrica.

Abstract

The base of the Upper Cretaceous Calcareous Flysch along the NW margin of the Bortziriak Palaeozoic massif (NE margin of the Basque-Cantabrian Basin) has been dated differently by a number of authors. Thus, the aim of this work has been to carry out a detailed biostratigraphic study based on planktonic foraminifera of these basal deposits. The results of the biostratigraphic analysis yield a diachronic age for their base. On the one hand, a general hiatus from lower Cenomanian to upper Turonian is observed in the study area. However, in the Txoritokieta anticline, the hiatus expands to late Campanian ages, reflecting a submarine paleohigh that was not covered at least until that period. On the other hand, resedimented upper Turonian-Coniacian breccia clasts indicate the erosion of previous stratigraphic units, which may locally extend the hiatus. In addition, several authors have previously suggested the existence of limestones of middle to upper Cenomanian age in the Fagollaga area. This would demonstrate the sedimentation and subsequent erosion of shallow platform limestones during the sedimentation of the Calcareous Flysch. Finally, this study confirms the occurrence of a marine transgression during the Upper Cretaceous, which gradually flooded the Palaeozoic massif of Bortziriak.

Key words: Calcareous Flysch, Upper Cretaceous, planktonic foraminifera, Cretaceous rifting, Bortziriak-Cinco Villas massif, Basque-Cantabrian Basin.

Laburpena

Goi Kretazeoko Flysch Karetukoaren zeina Bortzirien mendigune paleozoikoaren ipar-mendebaldean (Euskokantauriar arroaren ipar-ekialdea) azaleratzen den, oinari buruz eman diren datazioak desberdinak direnez, sedimentu horien azterketa bioestratigrafiko zehatza burutu da, foraminifero planktonikoetan oinarrituta. Emaitzek oinaren adin diakronikoa erakusten dute. Alde batetik, hiato orokor bat behatu da, Cenomaniar goiztiarrean hasten dena eta Turoniar berantiarrean amaitzen dena. Hiato hori ordea, gutxienez Campaniar

berantiarrera arte luzatzen da Txoritokietako antiklinalean, itsaspeko paleoalto baten isla delarik, bere osoan estali ez zena gutxienez adin horretara arte. Beste alde batetik, Turoniar berantiar-Coniaciar garaian birsedimentaturiko arroken agerpenak eta hiatoaren diakroniak, tokian-tokian, Flysch Karetsu unitatearen oinaldeko mailak higatuak izan zirela adierazten du. Gainera, zenbait autorek aipatutako adin ertain-berantiarreko Cenomaniar kareharrien existentziak iradokiko luke plataformako materialen sedimentazioa eta ondorengo higadura Flysch Karetsuaren sedimentazio horretan. Azkenik, ikerketa honek Kretazeo Berantiarrean gertatutako itsas transgresio bat erakusten du, Bortzirien mendigune paleozoikoa urperatu eta material nahiko sakonekin estali zuena.

Gako hitzak: Flysch Karetsua, Goi Kretazeoa, foraminifero planktonikoak, Kretazeoko riftinga, Bortzirien mendigune paleozoikoa, Euskokantauriar arroa.



Introducción

Los análisis bioestratigráficos son fundamentales para la datación de las formaciones geológicas. Adicionalmente aportan datos paleoambientales y batimétricos que ayudan a la interpretación de las facies sedimentarias, las secuencias deposicionales y los procesos tecto-sedimentarios que ocurren en las cuencas sedimentarias.

Las rocas del Flysch Calcáreo del Cretácico Superior que afloran al NW del macizo paleozoico de Bortziriak-Cinco Villas (margen oriental de la Cuenca Vasco-Cantábrica, Fig. 1a, b), se componen de una alternancia de margas y calizas hemipelágicas, además de intercalaciones de niveles de brechas sedimentarias. El depósito de materiales de origen marino profundo en el área representa, entre otros aspectos, la transición de un contexto tectónico de sin-rift donde la causa de la subsidencia (o profundización) de la cuenca es de tipo tectónico (Albiense–Cenomaniense inferior), a un contexto de post-rift, donde la subsidencia ocurre por subsidencia térmica (enfriamiento de la litosfera; e.g. Martín-Chivelet y Floquet, 2019). Esta transición se caracteriza por una discontinuidad estratigráfica importante en el área (e.g. Bodego *et al.*, 2015), por lo que su caracterización, en especial conocer su duración, permitirá avanzar en el conocimiento y datación de los procesos tectónicos que dieron lugar a este cambio.

Los trabajos bioestratigráficos precedentes llevados a cabo entre Andoain e Irún (Lamare, 1936; Feuillée y Sigal, 1965; Feuillée, 1967; Campos, 1979; Campos *et al.*, 1979; Mathey y García, 1982; Mathey, 1987) coinciden en que el Flysch Calcáreo se dispone discordante sobre rocas del Cretácico medio en esta área. Sin embargo, reportan distintas edades para los sedimentos basales del Flysch. Por ello, y a pesar de la escasa calidad de los afloramientos, sobre todo en la zona más próxima al macizo paleozoico, se han realizado varios muestreos para datar la base de la unidad en su conjunto (Fig. 1b).

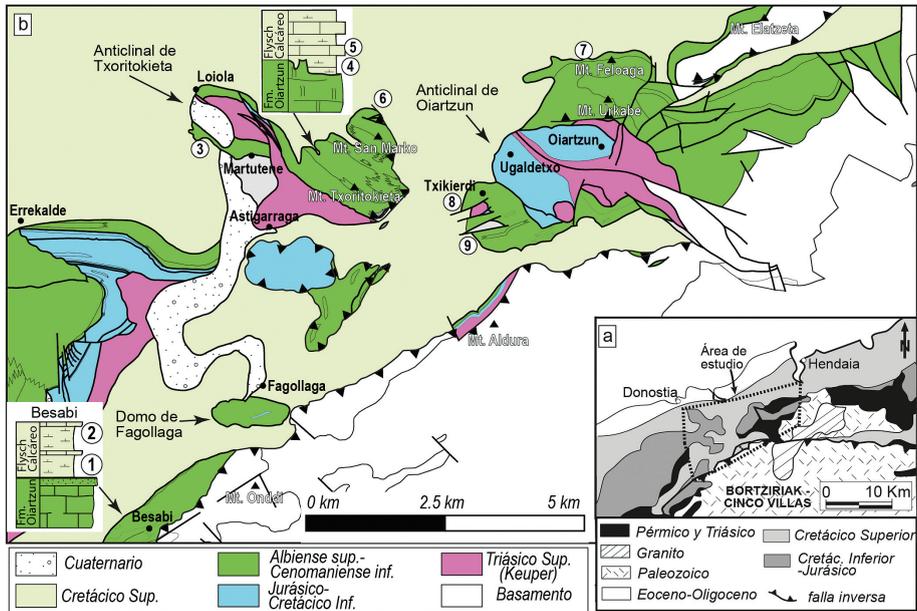


Fig. 1.- (a) Localización del área de estudio. (b) Mapa geológico esquemático del contacto entre los depósitos pre-Cretácico Superior y el Flysch Calcáreo (Cretácico Superior) y situación de las muestras más significativas.

Fig. 1.- (a) Location of the study area. (b) Schematic geologic map of the contact between the pre-Upper Cretaceous and the Calcareous Flysch (Upper Cretaceous) deposits, and locations of the most significant samples.

El objetivo del presente estudio es la caracterización bioestratigráfica (datación), mediante el estudio de foraminíferos planctónicos, de la importante discontinuidad estratigráfica de la base del Cretácico Superior entre las localidades de Andoain e Irun (Gipuzkoa). Para ello se han recopilado datos bioestratigráficos publicados previamente sobre los sedimentos de unidades estratigráficas infrayacentes (Formación Oiartzun; Bodego *et al.*, 2015 y referencias en el mismo), y se ha realizado el estudio bioestratigráfico a partir de asociaciones de foraminíferos planctónicos en nuevas muestras de la base del Flysch Calcáreo.

Material y métodos

Con el objetivo de caracterizar la base del Flysch Calcáreo en el margen NW del macizo paleozoico de Bortziariak se ha realizado un muestreo en más de una docena de localizaciones donde aflora el contacto entre la Formación Oiartzun y el Flysch Calcáreo, entre las localizaciones de Besabi (Urnieta) y Martutene al oeste, e Irun al este

(Fig. 1b). La elección de los puntos de estudio se ha basado en la presencia de afloramientos del contacto Fm. Oiartzun-Flysch Calcáreo que no presenten evidencias de deformación tectónica (venas de calcita, fallas, estrías, etc.), y tengan un claro carácter de contacto sedimentario, que en ocasiones muestra claras evidencias de erosión (disconformidad). El muestreo se ha concentrado en las siguientes localizaciones (Fig. 1b): i) Besabi: se han obtenido dos muestras en la base del Flysch Calcáreo, suprayacentes sobre la Fm. Oiartzun (muestras 1 y 2); ii) Anticlinal de Txoritokieta (Bodego *et al.*, 2018): la muestra 3 se recogió en el contacto del flanco SW, mientras que las muestras 4 y 5 se recogieron en el contacto del flanco NE. La muestra 6 se encuentra algo más alejada de la estructura anticlinal; iii) Anticlinal de Oiartzun (Bodego *et al.*, 2018): la muestra 7 se recogió en el contacto del flanco NE, mientras que las muestras 8 y 9 datan la base del Flysch Calcáreo en el flanco SW del Anticlinal de Oiartzun. La edad de la Fm. Oiartzun, Albiense superior – Cenomaniense inferior, fue establecida a partir de orbitolínidos en las calizas intercaladas en la unidad (EVE, 1990, 1991, 1992a,b; Bodego *et al.*, 2015 y referencias en el mismo).

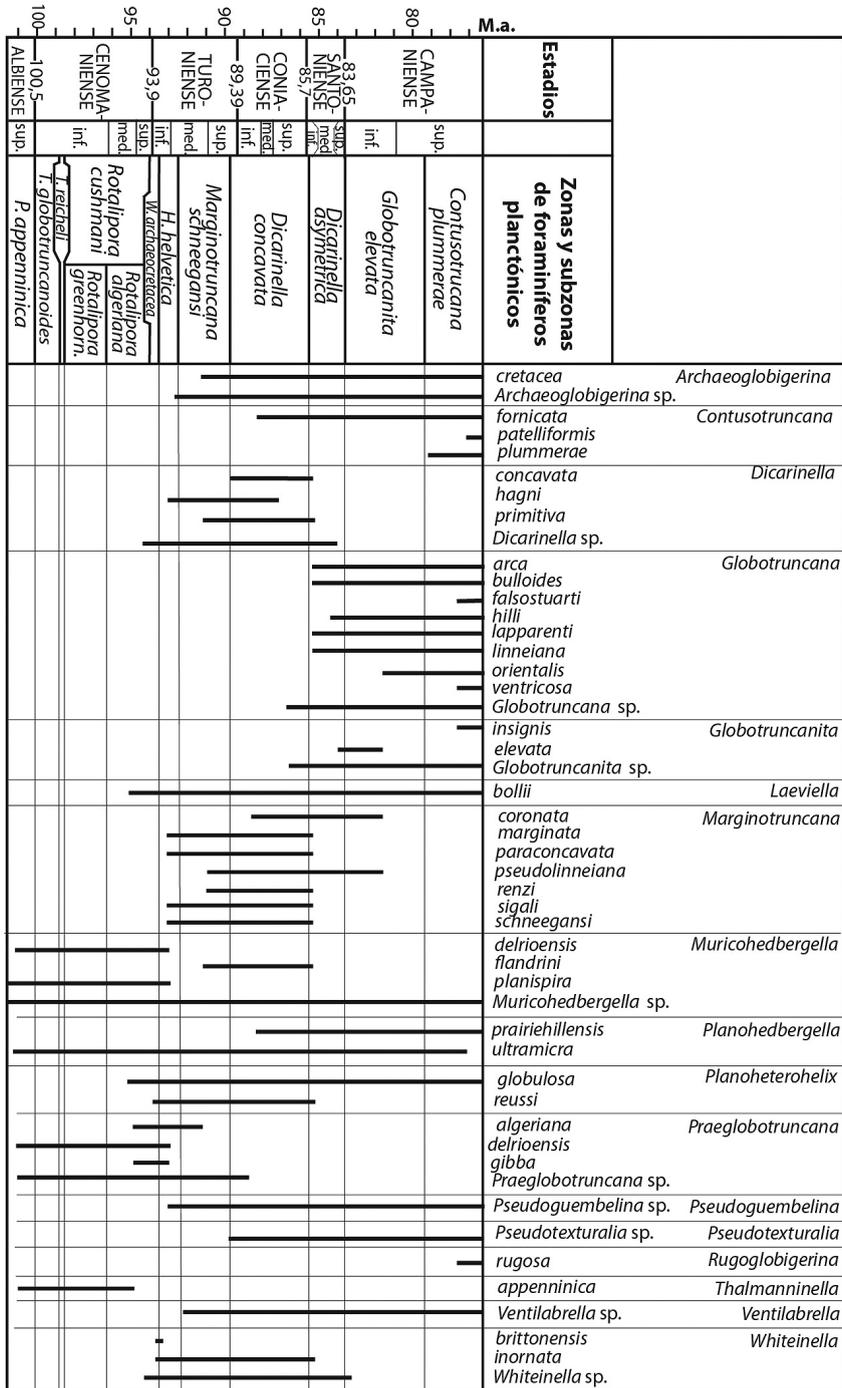
Debido a la moderada deformación tectónica y a los procesos de diagénesis en la zona de estudio, las muestras de margas y margocalizas del Flysch Calcáreo presentan una escasa calidad de conservación de las conchas de foraminíferos planctónicos. Por ello, y en vista de los malos resultados obtenidos mediante métodos clásicos de levigado y estudio mediante lupa binocular, las muestras se han estudiado en lámina delgada con un microscopio óptico Olympus BH –II provisto de una cámara Nikon Digital Sight DS – U3. Se ha seguido la clasificación de foraminíferos planctónicos del Cretácico de Premoli Silva y Verga (2004) con las correspondientes actualizaciones recogidas en Young *et al.* (2022), y la geocronología y biozonación de Gale *et al.* (2020). (Fig. 2).

Resultados

Pese a que se han estudiado un amplio número de muestras, sólo unas pocas han dado resultados satisfactorios. Las asociaciones determinadas en estas muestras se presentan a continuación para las distintas localizaciones de los afloramientos muestreados (Tabla I; Figs. 3 y 4):

Besabi

Muestra 1: Ha proporcionado una asociación compuesta de *Dicarinella concavata* (Brotzen), *Planoheterohelix reussi* (Cushman), *Planoheterohelix globulosa* (Ehrenberg), *Laeviella bollii* (Pessagno), *Planohedbergella ultramicra* (Subbotina), *Marginotruncana coronata* (Bolli), *Marginotruncana marginata* (Reuss), *Marginotruncana paraconcavata* Porthault, *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, *Marginotruncana schneegansi*



- ◀ Fig. 2.- Distribución temporal de los foraminíferos planctónicos más representativos del área de estudio en el intervalo Albiense superior-Campaniense, basado en Young *et al.* (2022). Escala cronostratigráfica según Gale *et al.* (2020).

Fig. 2.- Temporal distribution of the most representative planktonic foraminifera of the study area, between the late Albian and Campanian, based on Young *et al.* (2022). Chronostratigraphic scale based on Gale *et al.* (2020).

nº muestra	Long (gr, min, sg)	Lat (gr, min, sg)
1	-1° 59' 5.87957"	43° 13' 16.00300"
2	-1° 59' 5.93552"	43° 13' 16.07640"
3	-1° 57' 42.10376"	43° 17' 56.22155"
4	-1° 55' 55.56828"	43° 17' 51.16515"
5	-1° 55' 55.81672"	43° 17' 50.75377"
6	-1° 55' 12.67832"	43° 18' 26.79975"
7	-1° 52' 08.06564"	43° 18' 50.04513"
8	-1° 53' 36.72014"	43° 17' 12.90920"
9	-1° 53' 29.13388"	43° 16' 49.58490"

Tabla 1.- Coordenadas geográficas de las muestras estudiadas. Sistema de Referencia de Coordenadas ETRS89 Huso 30 UTM.

Table 1.- Geographical coordinates of the studied samples. ETRS89 30UTM Coordinate Reference System.

(Sigal), *Muricohedbergella flandrini* (Porthault) y *Muricohedbergella sp.*, atribuibles a la biozona *Dicarinella concavata* y la parte inferior de *Dicarinella asymmetrica*, de edad entre el Coniaciense y extrema base del Santoniense.

Muestra 2: Se ha reconocido una asociación compuesta por *Dicarinella sp.*, *M. coronata*, *M. marginata* y *Marginotruncana renzi* (Gandolfi), atribuible a la biozona *D. concavata* y la parte inferior de *D. asymmetrica*, de edad entre el Coniaciense inferior y el Santoniense.

Anticlinal de Txoritokieta

Muestra 3: La asociación determinada en la muestra la constituyen *Contusotruncana fornicata* (Plummer), *Praeglobotruncana algeriana* (Caron), *D. concavata*, *Dicarinella hagni* (Scheibnerova), *Dicarinella primitiva* (Dalbiez), *H. reussi*, *M. coronata*, *M. marginata*, *M. paraconcavata*, *M. pseudolinneiana* y *Muricohedbergella sp.* Esta asociación

sugiere una edad comprendida entre las zonas *D. concavata* – *D. asymetrica*, es decir, entre el Coniaciense inferior y el Santoniense inferior.

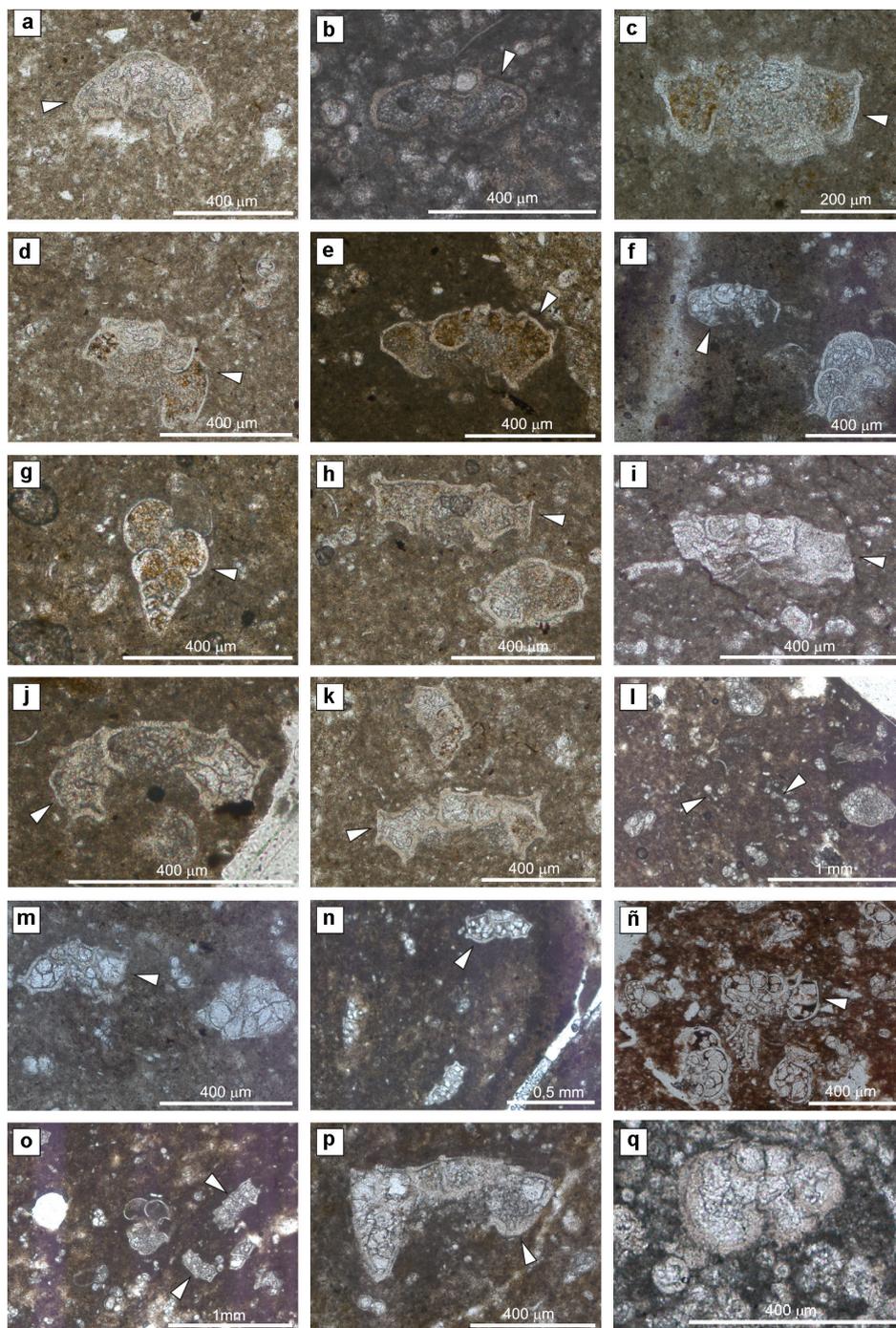
Muestra 4: Presenta una asociación compuesta por *Archaeoglobigerina* cf. *cretacea* (d'Orbigny), *Archaeoglobigerina* sp., *C. fornicata*, *Contusotruncana patelliformis* (Gandolfi), *Globotruncana arca* (Cushman), *Globotruncana bulloides* (Vogler), *Globotruncana falsostuarti* Sigal, *Globotruncana hilli* Pessagno, *Globotruncanita insignis* Gandolfi, *G. lapparenti*, *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny), *Globotruncana orientalis* El-Naggar, *Globotruncana* sp., *Globotruncanita elevata* (Brotzen), *P. globulosa*, *Muricohedbergella* sp. y *Pseudoguembelina* sp. Esta asociación se asigna a la zona de *Globotruncana plummerae*, indicando una edad Campaniense superior.

Muestra 5: Esta muestra ha proporcionado una asociación compuesta por *Contusotruncana* cf. *plummerae* (Gandolfi), *C. fornicata*, *G. bulloides*, *Globotruncanita* cf. *elevata*, *G. arca*, *G. hilli*, *G. lapparenti*, *G. linneiana*, *G. orientalis*, *Globotruncana ventricosa* White, *Globotruncanita* sp., *P. globulosa*, *Planohedbergella prairiehillensis* (Pessagno), *P. ultramicra*, *Muricohedbergella* sp., *Pseudoguembelina* sp., *Pseudotextularia* sp., *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer) y *Ventilabrella* sp. Esta asociación se restringe a la zona *Contusotruncana plummerae*, de edad Campaniense superior.

Muestra 6: La asociación reconocida en esta muestra se compone de *Dicarinella* cf. *hagni*, *Marginotruncana* cf. *renzi* (Gandolfi), *M. coronata*, *M. marginata*, *M. pseudolinneiana*, *M. sigali*, *Marginotruncana* sp., *Muricohedbergella* sp., *Pseudoguembelina* sp. y *Whiteinella* sp. Componen una asociación atribuible a la zona de *D. concavata* de edad Coniaciense inferior-medio.

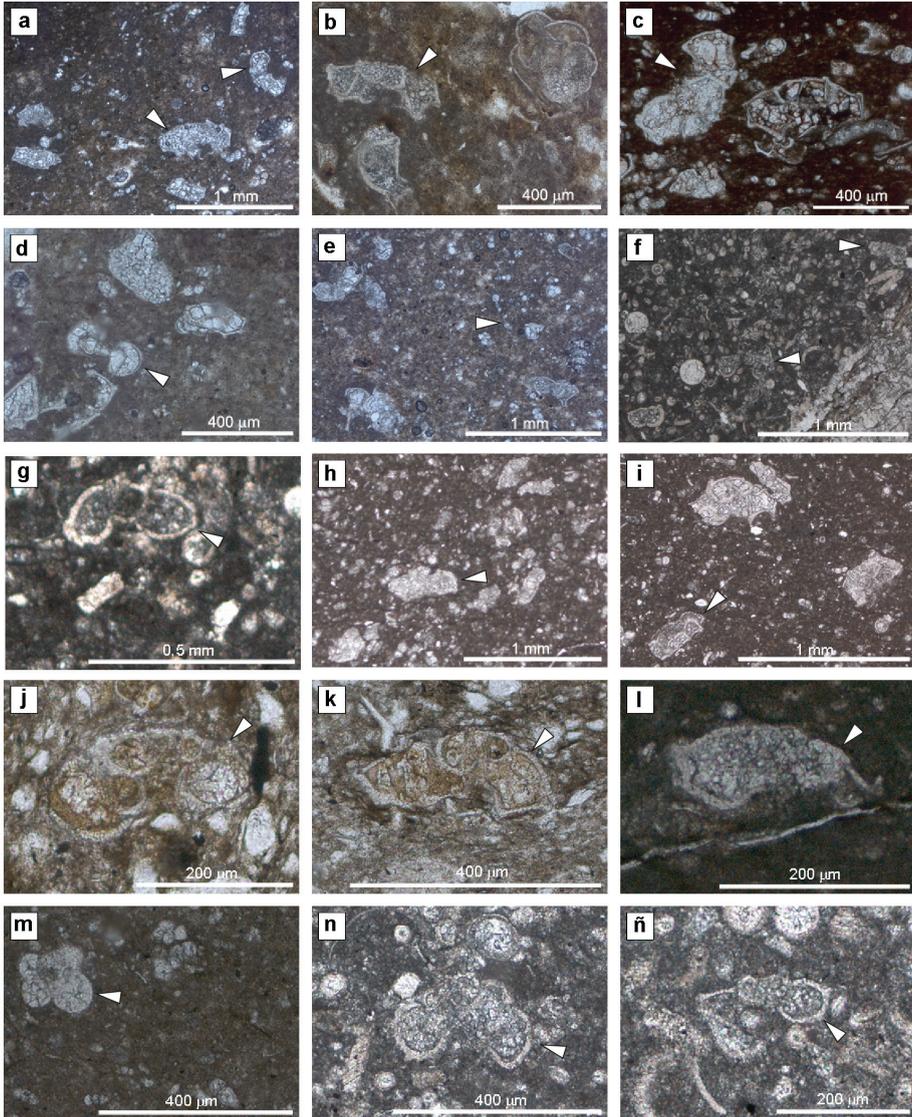
Fig. 3.- Microfotografías de los foraminíferos planctónicos más representativos. **a)** *Contusotruncana fornicata* (Plummer); **b)** *Praeglobotruncana algeriana* (Caron); **c)** *Dicarinella concavata* (Brotzen); **d)** *Dicarinella hagni* (Scheibnerova); **e)** *Dicarinella primitiva* (Dalbiez); **f)** *Globotruncana lapparenti* (Brotzen); **g)** *Planoheterohelix reussi* (Cushman); **h)** *Marginotruncana coronata* (Bolli); **i)** *Marginotruncana marginata* (Reuss); **j)** *Marginotruncana paraconcavata* Porthault; **k)** *Marginotruncana pseudolinneiana* (Pessagno); **l)** *Muricohedbergella* sp.; **m)** *Globotruncana arca* (Cushman); **n)** *Globotruncana bulloides* (Vogler); **ñ)** *Globotruncana hilli* Pessagno; **o)** *Globotruncana orientalis* El-Naggar; **p)** *Globotruncanita elevata* (Brotzen); **q)** *Helvetoglobotruncana helvetica* (Bolli).

Fig. 3.- Microphotographs of the most representative planktonic foraminifera. **a)** *Contusotruncana fornicata* (Plummer); **b)** *Praeglobotruncana algeriana* (Caron); **c)** *Dicarinella concavata* (Brotzen); **d)** *Dicarinella hagni* (Scheibnerova); **e)** *Dicarinella primitiva* (Dalbiez); **f)** *Globotruncana lapparenti* (Brotzen); **g)** *Planoheterohelix reussi* (Cushman); **h)** *Marginotruncana coronata* (Bolli); **i)** *Marginotruncana marginata* (Reuss); **j)** *Marginotruncana paraconcavata* Porthault; **k)** *Marginotruncana pseudolinneiana* (Pessagno); **l)** *Muricohedbergella* sp.; **m)** *Globotruncana arca* (Cushman); **n)** *Globotruncana bulloides* (Vogler); **ñ)** *Globotruncana hilli* Pessagno; **o)** *Globotruncana orientalis* El-Naggar; **p)** *Globotruncanita elevata* (Brotzen); **q)** *Helvetoglobotruncana helvetica* (Bolli).



Anticlinal de Oiartzun

Muestra 7: Se reconoce una asociación formada por *Marginotruncana* cf. *marginata*, *M. pseudolinneiana*, *Muricohedbergella* sp. y *Whiteinella* sp., atribuibles a las zonas de *Marginotruncana schneegansi* – *D. asymmetrica* (base), de edad Turoniense superior a Santiense inferior.



Muestra 8: La muestra ha proporcionado una asociación compuesta por *Muricohedbergella* sp., *Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer), *Praeglobotruncana* sp. y *Thalmanninella appenninica* Renz. Corresponde a las zonas de *Parathalmanninella appenninica* – *Rotalipora Cushmani* (*R. algeriana*), de edad entre el Albiense superior y el Cenomaniense medio. La muestra pertenece a una brecha y por lo tanto se interpreta que esta asociación representa tanto los clastos como la matriz, indicando su origen en sedimentos o rocas más antiguas resedimentadas.

Muestra 9: La asociación reconocida está formada por *Laeviella bollii*, *Marginotruncana schneegansi*, *Marginotruncana sigali*, *Muricohedbergella* sp. y *Whiteinella innornata* (Bolli), atribuibles a la parte superior de la zona de *Helvetoglobotruncana helvetica* a *D. asymmetrica*, de edad Turoniense inferior a Santoniense inferior.

Discusión

Los resultados obtenidos en los puntos de muestreo permiten atribuir una edad máxima Turoniense superior para la base del Flysch Calcáreo en la zona estudiada. Por tanto, y teniendo en cuenta que los materiales infrayacentes de la Fm. Oiartzun son de edad Albiense superior – Cenomaniense inferior, la laguna de la discontinuidad estratigráfica comprendería desde el Cenomaniense inferior al Turoniense superior (Fig. 5). Sin embargo, algunos autores han descrito la existencia, alrededor del domo de Fagollaga, de calizas arenosas y conglomeráticas depositadas en una plataforma carbonatada somera, que datarían el Cenomaniense medio – superior, y sobre las que afloran de manera discordante unas brechas sedimentarias de pie de talud (Flysch Calcáreo), de edad Turoniense superior – Santoniense inferior (Feuillée y Sigal, 1965; Campos et al., 1979; Mathey y García, 1982; Mathey, 1987). La formación de las calizas marinas someras cenomanienses sería, por tanto, posterior a la Fm. Oiartzun y previa al depó-

- ◀ Fig. 4.- Microfotografías de los foraminíferos planctónicos más representativos (continuación). **a)** *Contusotruncana* cf. *plummerae* (Gandolfi); **b)** *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny); **c)** *Globotruncana ventricosa* White; **d)** *Planohedbergella prairiehillensis* (Pessagno); **e)** *Planohedbergella ultramicra* (Subbotina); **f)** *Dicarinella imbricata* (Monrod); **g)** *Praeglobotruncana* cf. *algeriana* (Caron); **h)** *Dicarinella* cf. *hagni* (Scheibnerova); **i)** *Marginotruncana* cf. *renzi* (Gandolfi); **j)** *Marginotruncana sigali* (Reichel); **k)** *Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer); **l)** *Thalmanninella appenninica* Renz; **m)** *Marginotruncana* cf. *marginata* (Reuss); **n)** *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey); **ñ)** *Whiteinella* sp.

Fig. 4.- Microphotographs of the most representative planktonic foraminifera (continuation). **a)** *Contusotruncana* cf. *plummerae* (Gandolfi); **b)** *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny); **c)** *Globotruncana ventricosa* White; **d)** *Planohedbergella prairiehillensis* (Pessagno); **e)** *Planohedbergella ultramicra* (Subbotina); **f)** *Dicarinella imbricata* (Monrod); **g)** *Praeglobotruncana* cf. *algeriana* (Caron); **h)** *Dicarinella* cf. *hagni* (Scheibnerova); **i)** *Marginotruncana* cf. *renzi* (Gandolfi); **j)** *Marginotruncana sigali* (Reichel); **k)** *Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer); **l)** *Thalmanninella appenninica* Renz; **m)** *Marginotruncana* cf. *marginata* (Reuss); **n)** *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey); **ñ)** *Whiteinella* sp.

sito del Flysch Calcáreo (brechas). Por lo tanto, estas calizas, que afloran de manera aislada, serían testigos de la formación de una plataforma carbonatada somera desarrollada durante, al menos, el Cenomaniense medio – superior y que posteriormente fue parcialmente erosionada (Feuillée y Sigal, 1965; Campos et al., 1979; Mathey y García, 1982; Mathey, 1987) y los materiales resultantes fueron redepositados a lo largo del Turoniense superior – Santoniense inferior. Por lo tanto, localmente (en el domo de Fagollaga), la extensión temporal de la discontinuidad estratigráfica sería, en origen, inferior al resto del área de estudio (Fig. 6).

Por otro lado, en el presente estudio se han obtenido dataciones más recientes en los anticlinales de Txoritokieta y Oiartzun. Ambos anticlinales fueron interpretados como pliegues sinsedimentarios de origen halocinético por removilización de las arcillas y evaporitas de la facies Keuper (Triásico Superior), cuyo crecimiento se dio durante el Albiense superior – Cenomaniense inferior en un contexto tectónico extensional (Bodego et al., 2018, 2019). Así, estos autores interpretan que el crecimiento del anticlinal de Txoritokieta creó un paleorelieve positivo, en el que los materiales hemipelágicos del Flysch Calcáreo fueron cubriendo desde el Turoniense superior las zonas más bajas (por ejemplo, flanco SW, muestra 3) y finalmente llegaron a cubrir los puntos más altos durante el Campaniense superior (charnela del pliegue, muestras 4 y 5) (Fig. 5).

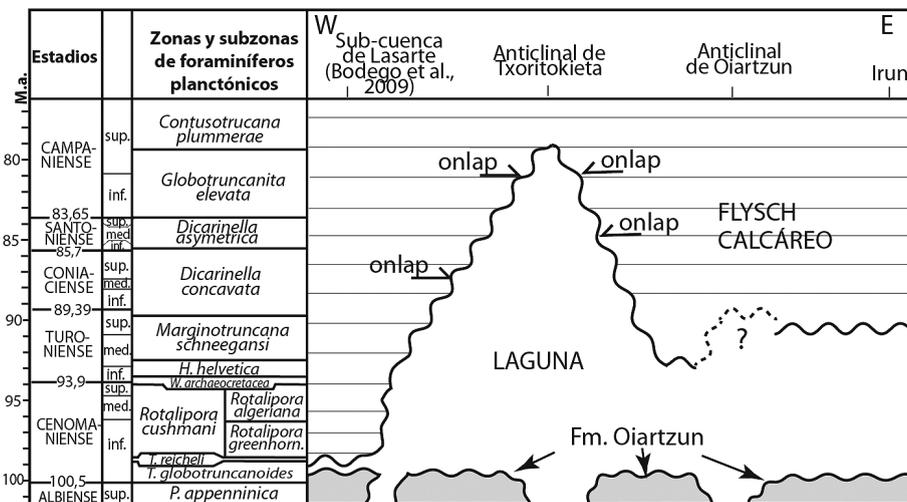


Fig. 5.- Cuadro cronoestratigráfico de dirección W-E, basado en las biozonaciones de foraminíferos planctónicos entre las localidades de Andoain e Irun, abarcando la adyacente sub-cuenca de Lasarte (Bodego et al., 2009).

Fig. 5.- Chronostratigraphic chart in the W-E direction, based on the planktonic foraminiferal biozonations between the localities of Andoain and Irun, including data from the adjacent Lasarte sub-basin (Bodego et al., 2009).

En el anticlinal de Oiartzun, las dataciones en el flanco NE (muestra 7) han resultado en una edad acorde para el resto del área (Turoniense superior – Santoniense inferior). Sin embargo, cabe destacar la existencia de material resedimentado (brechas) que contienen clastos carbonatados (margas) con una asociación de foraminíferos planctónicos de edad Albiense-Cenomaniense medio en la base de la unidad del Flysch Calcáreo, en el flanco suroeste del anticlinal de Oiartzun (muestra 8). Debido a que la facies basal de la unidad hemipelágica en esa área es una brecha sedimentaria, esta datación se atribuye a clastos de material más antiguo resedimentado. Por lo tanto, y teniendo en cuenta las asociaciones obtenidas y su posición paleotopográfica, la edad más antigua atribuible a este depósito sería Turoniense superior. Esto está en concordancia con lo propuesto por autores anteriores (e.g. Feuillée y Sigal, 1965; Mathey, 1987). Teniendo en consideración que en la adyacente sub-cuenca de Lasarte al oeste de la zona de estudio (Bodego y Agirrezabala, 2013) los materiales más basales del Flysch

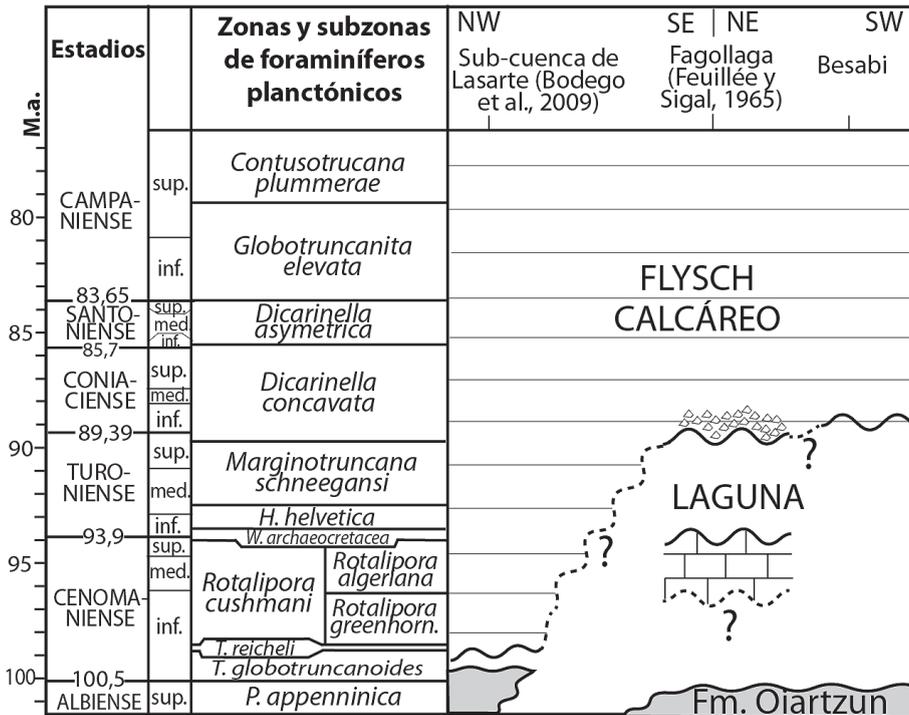


Fig. 6.- Cuadro cronoestratigráfico de dirección aproximada NW-SE, basado en las biozonaciones de foraminíferos planctónicos entre las localidades de Fagollaga y Besabi, abarcando la adyacente sub-cuenca de Lasarte (Bodego et al., 2009), e integrando las dataciones de Feuillée y Sigal (1965).

Fig. 6.- Chronostratigraphic chart in an approximately NW-SE direction, based on the planktonic foraminiferal biozonations between the localities of Fagollaga and Besabi, including data from the adjacent Lasarte sub-basin (Bodego et al., 2009), integrating the datations of Feuillée and Sigal (1965).

Calcáreo indican edades del Cenomaniense inferior, el hiato en esa sub-cuenca es de menor duración, intra-Cenomaniense inferior (Bodego *et al.*, 2009). Sin embargo, en el margen oriental de esa sub-cuenca, esos mismos autores proponen una edad algo más joven para la base de la unidad hemipelágica: Cenomaniense medio, que según las últimas tablas cronoestratigráficas de Gale *et al.* (2020) sería dentro del Cenomaniense inferior. Por lo tanto, teniendo en cuenta que el área de estudio de este trabajo se encuentra al este de esa sub-cuenca, y que se considera que los términos basales son del Turoniense superior, se puede concluir que la base de los depósitos del Flysch Calcáreo es diacrónica y cada vez más joven desde el oeste hacia el este, desde zonas más profundas hacia el macizo paleozoico de Bortziariak. Igualmente, teniendo en consideración las dataciones de la zona de Besabi (Coniaciense inferior – Santoniense), esta diacronía también se registra de NW a SE, siendo la edad de la base del Cretácico Superior más joven hacia el macizo paleozoico (Fig. 6). De este modo, se puede constatar una transgresión marina a inicios del Cretácico Superior que inundaría desde el oeste hacia el este y desde el noroeste hacia el sureste, el macizo de Bortziariak, que correspondería al paleomargen del rift cretácico, como ya sugirieron autores anteriores (Feuillèe y Sigal, 1965; Mathey, 1987; Martín-Chivelet y Floquet, 2019).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por las becas de formación predoctoral BFI05.398 del Gobierno Vasco a A. B. y PIF 19/149 de la UPV/EHU a M. LdeG. y por el grupo consolidado del Gobierno Vasco IT1678-22. A. Ampatzidis ha colaborado en la edición de las figuras. Agradecemos a los dos revisores anónimos y a los editores Dr. Ivan de la Hera y Dr. Eduardo Leorri por sus comentarios que han ayudado a mejorar el manuscrito original.

Bibliografía

- Bodego, A., Agirrezabala, L.M., 2013. Syn-depositional thin- and thick-skinned extensional tectonics in the mid-Cretaceous Lasarte sub-basin, western Pyrenees. *Basin Research* 25(5), 594-612.
- Bodego, A., Iriarte, E., Agirrezabala, L.M., 2009. Characterization and planktonic foraminifera biostratigraphy of the transition Black Flysch Group – Calcareous Flysch between Usurbil and Hernani, westernmost Pyrenees. *Geogaceta* 47, 57-60.
- Bodego, A., Iriarte, E., Agirrezabala, L.M., García-Mondéjar, J., López-Horgue, L.M., 2015. Synextensional mid-Cretaceous stratigraphic architecture of the eastern Basque–Cantabrian basin margin (western Pyrenees). *Cretaceous Research* 55, 229-261.
- Bodego, A., Iriarte, E., López-Horgue, M.A., Álvarez, I., 2018. Rift-margin extensional forced folds and salt tectonics in the eastern Basque–Cantabrian rift basin (western Pyrenees). *Marine and Petroleum Geology* 91, 667-682.

- Bodego, A., Iriarte, E., López-Horgue, M.A., 2019. Influencia del crecimiento de anticlinales salinos en un sistema de braidplain delta del Cretácico medio: Formación Oiartzun, margen NE de la Cuenca Vasco-Cantábrica. *Geogaceta* 66, 39-42.
- Campos, J., 1979. Estudio geológico del Pirineo Vasco al W del río Bidasoa. *Munibe* 31(1-2), 3-319.
- Campos, J., Lamolda, M. A., Mathey, B., 1979. Los términos basales del Cretácico Superior del Domo de Fagollaga (Hernani, Guipúzcoa). *Cuadernos de Geología Ibérica* 5, 327-337.
- EVE, 1990. Hoja de San Sebastian 64-II. Mapa geológico del País Vasco, 1:25000.
- EVE, 1991. Hoja de Villabona 64-III. Mapa geológico del País Vasco, 1:25000.
- EVE, 1992a. Hoja de Irun 41-III. Mapa geológico del País Vasco, 1:25.000.
- EVE, 1992b. Hoja de Irun-Ventas 65-I y III. Mapa geológico del País Vasco, 1:25.000.
- Feuillée, P., 1967. Le Cénomanién des Pyrénées basques aux Asturies. *Essai d'analyse stratigraphique. Mémoires de la Société Géologique de France* 46(108).
- Feuillée, P., Sigal, J., 1965. La transgression du Crétacé supérieur (Flysch nord-Pyrénéen) sur le massif des Cinco Villas (Pyrénées basques). *Bulletin de la Société géologique de France* 7, 45-55.
- Gale, A.S., Mutterlose, J., Batenburg, S., 2020. The Cretaceous Period. In: Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M.D., Ogg, G. M. (Eds.), *Geologic Time Scale 2020*, 1023-1086. Elsevier.
- Lamare, P., 1936. *Recherches géologiques dans les Pyrénées basques d'Espagne. Mémoires de la Société Géologique de France* 27.
- Martín-Chivelet, J., Floquet, P., 2019. Iberia in the Late Cretaceous World. In: Quesada, C., Oliveira, J.T. (Eds.), *The Geology of Iberia: A Geodynamic Approach. Volume 3 : The Alpine Cycle*, 286-291. Springer Nature Switzerland.
- Mathey, B., 1987. Les flyschs crétacé supérieur des Pyrénées basques: age, anatomie, origine du matériel milieu de dépôt et relations avec l'ouvert du Golfe de Gascogne. *Mémoires Géologiques de la Université de Dijon* 12.
- Mathey, B., García, A., 1982. El Cretácico Superior del Arco Vasco. En: *El Cretácico de España*, 111-135. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Premoli Silva, I., Verga, D., 2004. Practical Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera., 3^o course: Cretaceous. In: Verga D., Rettori (Eds), *International School on Planktonic Foraminifera. Universities of Perugia and Milan, Tipografia Pontefelcino, Perugia (Italia)*.
- Young, J.R., Wade, B.S., Huber B.T., (Eds), pforams@mikrotax website. Available from: <http://www.mikrotax.org/pforams> (acceso 01.12.22).

Fecha de recepción / Date of reception: 11/08/2022

Fecha de aceptación / Date of acceptance: 27/01/2023

Editor Asociado / Associate editor: Eduardo Leorri