

Research article

Amonitas del Albiano superior en el horizonte fosilífero de Berlín, norte de Caldas, Colombia

Upper Albian ammonites from the fossiliferous horizon of Berlin, north of Caldas, Colombia

Fernando Etayo-Serna¹ , Jesús Bernardo Rueda-Gutiérrez^{1,2} , Gina Rodríguez^{1,2} ,
Diana Montoya^{1,3} ¹Servicio Geológico Colombiano, Dirección de Geociencias Básicas, Bogotá, Colombia²Servicio Geológico Colombiano, Grupo de Investigación Geotérmica, Bogotá, Colombia³Servicio Geológico Colombiano, Línea de Estratigrafía, Bogotá, Colombia

Resumen

Se registra por primera vez al noroeste de Suramérica la abundancia y predominio de amonitas del Albiano tardío (Zona de *Pervinqueria perinflata*), que evidencia una estrecha semejanza taxonómica con especies de amonitas coetáneas de Europa Mediterránea y sugiere conexión biogeográfica (Mar de Tetis).

Las muestras de amonitas fueron coleccionadas al suroeste de la población de Berlín (nordeste del departamento de Caldas); en la unidad conocida como 'horizonte fosilífero de Berlín', donde fueron medidos 110 m de lodolitas y arcillolitas ricas en impresiones de amonitas. Las facies de las rocas sedimentarias que afloran y las edades paleontológicas que determinamos para ellas permiten documentar que a finales del Albiano se produjo una inundación marina que sumergió la región

Palabras clave: Amonitas, Horizonte de Berlín, NW de Colombia, Mar de Tetis, Albiano superior.

Abstract

The abundance and predominance of Late Albian ammonites (*Pervinqueria perinflata* Zone) is recorded for the first time in northern South America. A close taxonomic similarity with coeval ammonite species from Mediterranean Europe suggests a biogeographic connection (Tethys Sea).

The ammonite samples were collected at southwest of the town of Berlín (northeast of the Caldas Department); 110 meters of mudstones and claystones rich in ammonite impressions were measured. The sedimentary rock facies exposed in the area, along with the paleontological ages we determined for them, provide evidence that a marine flooding submerged the region during the Late Albian.

Keywords: Ammonites, Berlin Horizon, NW Colombia, Tethyan Realm, Upper Albian.

Citación: Etayo-Serna, F., Rueda, J.B., Rodríguez, G., Montoya, D. (2025). Amonitas del Albiano superior en el horizonte fosilífero de Berlín, norte de Caldas, Colombia. Boletín Geológico, 52(2).

<https://doi.org/10.32685/0120-1425/bol.geol.52.2.2025.752>

Manuscrito recibido: Diciembre 4, 2024

Corrección recibida: Diciembre 11, 2025

Manuscrito aceptado: Diciembre 19, 2025



This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License

Boletín Geológico: ISSS: impreso; 0120-1425, ISSN digital: 2711-1318

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó en la región nororiental del departamento de Caldas, Cordillera Central de Colombia, al suroccidente de la localidad de Berlín, como parte de los proyectos del Grupo de Investigación y Exploración de Recursos Geotérmicos del Servicio Geológico Colombiano (SGC), hoy en día denominado Grupo de Investigación Geotérmica.

En esta investigación con base a material fosilífero recolectado en una sección levantada en la parte superior de la unidad conocida como 'horizonte fosilífero de Berlín', y en otros afloramientos de la misma unidad, presentamos documentos paleontológicos que permiten evidenciar por primera vez, la invasión marina de la Cordillera Central al norte del departamento de Caldas, en los finales del Albiano.

1.1 Antecedentes acerca del 'horizonte Fosilífero de Berlín'

La primera mención a la presencia de fósiles en esta región, sin ilustración, se debe a Gerardo Botero Arango en Bürgl y Radelli (1962, p.134), quienes nombraron estos afloramientos como 'horizonte fosilífero de Berlín', localizado algunos kilómetros

adelante del caserío de Berlín en dirección a Sonsón: 'Los fósiles se hallan en un paquete de rocas estratificadas, muy hendibles y solo mecánicamente deformadas... Se trata de lutitas arcillosas de color gris oscuro en el interior, pero en la superficie de color gris claro por meteorización.' (op.cit.p.136); posteriormente, Radelli ilustra un corte de esos afloramientos (1967, p.268, fig.90). Nótese que las localizaciones no son más precisas debido a la falta de información de los mapas topográficos de los años sesenta.

Del 'horizonte fosilífero de Berlín', Bürgl identificó la especie de amonita *Deshayesites stutzeri* Riedel 1938 y del bivalvo *Pecten (Camponectes) compressus* Gerhardt 1897 y concluyó: 'las capas fosilíferas de Berlín representan pues el Aptiano superior'; sin embargo, la especie *D. stutzeri* hoy en día se refiere al género *Neodeshayesites*, y es propia del piso Albiano, parte inferior (cf. Etayo Serna, 1981; Robert y Bulot, 2005).

Durante los trabajos del Inventario Minero Nacional también se recogió una muestra con impresiones de amonitas del Albiano superior en el 'km 60.820 en la vía La Dorada hacia Sonsón', la cual se conserva en las colecciones del Museo de Servicio Geológico Colombiano (Figura 1).

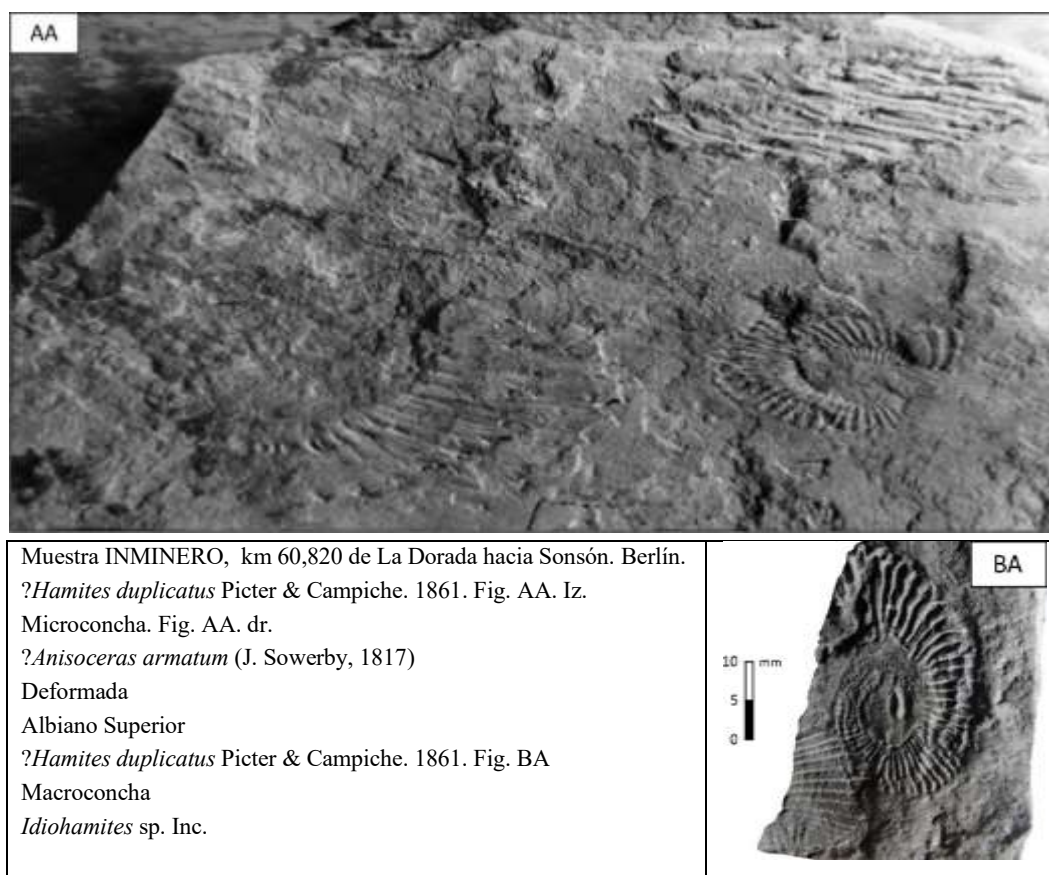


Figura 1. Muestra del Inventario Minero Nacional Km 60.820

Para la sucesión estratigráficamente más baja en el 'horizonte fosilífero de Berlín', se han reportado edades más antiguas: Naranjo-Henao (1983) con información paleontológica determinada por Alberto Forero para la compañía Minatome, en shales localizados en la margen oriental de la quebrada Santa Marta pertenecientes a lo que Naranjo-Henao (1983) denominó Conjunto C del 'horizonte fosilífero de Berlín', reporta edad Valanginiano con base en la identificación de las siguientes amonitas: *?Sarasinella* sp., *?Crioceratites* sp., *Artotitis* sp. *Neolissoceras* (?), *Artotitis* (?) *peruvianum* (RIVERA) y *Leptoceras* aff. *ubalaense* (HAAS) y edad Valanginiano - Hauteriviario inferior con base en *Leopoldia multicostata* (IMLAY).

Datos paleontológicos adicionales de la quebrada Santa Marta fueron citados por Naranjo-Henao (1983) de un núcleo de caliza correspondiente al 'nivel fosilífero en la base del nivel anómalo (Pozo 1B4-A)'. Se trata de gasterópodos de la familia *Actaeonellidae*. También en el Túnel 2 por la misma quebrada Santa Marta, Naranjo-Henao (1983) describe una capa fosilífera con restos de gasterópodos de la familia *Turritellidae* (Op.cit.fig.6).

Cáceres Bottia (2012) en su tesis presenta en la figura 3, una columna levantada a partir de la descripción de un pozo del proyecto de prospección de uranio en Berlín, en la cual reporta edad Jurásica Inferior para las rocas más bajas representadas por: conglomerados y arenitas (Sucesión A) y a calizas con fósiles (Sucesión B); a estas mismas sucesiones Cáceres et al. (2023) las asignan al Triásico. La Sucesión C conformada por calizas y la Sucesión D compuesta en su mayoría por lodolitas, arcillolitas y limolitas calcáreas, representarían el Albiano tardío (Cáceres Bottia, 2012).

2. MÉTODO DE TRABAJO

Como soporte a la presente investigación se elaboró el mapa geológico de las áreas sur y occidental de la laguna de San Diego y se describieron 110 m superiores observables del 'horizonte fosilífero de Berlín', aprovechando los destapes producidos por el derrumbe localizado a 5 km de Berlín en la vía que de este corregimiento conduce a la localidad de Florencia. La descripción de la columna estratigráfica se inició en el sitio con coordenadas N:1.109.257 y E:901.510 y se terminó en el sitio con coordenadas N: 1.109.257 y E:901.591.

El espesor de la unidad estudiada se midió mediante la técnica del bastón de Jacob; la información litológica fue condensada en los formatos utilizados por el Servicio Geológico Colombiano en sus levantamientos estratigráficos.

Para describir la forma de los estratos y su aspecto interno se siguió la terminología de Campell (1967), mientras que la bioturbación se expresó según los parámetros de Moore y Scrutton

(1957). El color de las rocas se estableció con base en la tabla de colores de la Geological Society of America (GSA, 1975). Para la identificación de las rocas en el terreno se utilizó la lupa de 10 aumentos y la terminología de Folk (1954); la composición se estableció según los criterios del mismo autor (1974).

3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

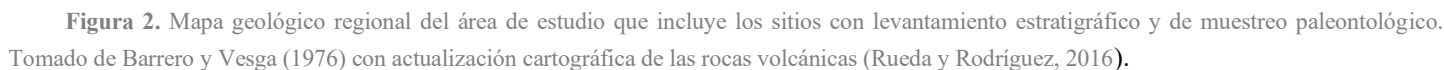
Esta investigación se adelantó en la unidad denominada 'horizonte fosilífero de Berlín' (Bürgl y Radelli, 1962; Barrero y Vesga, 1976), la cual aflora en el flanco oriental de la Cordillera Central, como una faja con dirección N-S, en la región entre San Diego y Berlín, municipio de Samaná, departamento de Caldas (Figura 2). Está conformada por una secuencia de 'shales negros, arcillolitas, localmente fosilíferos e incluyen conglomerados' (Barrero y Vesga, 1976).

El 'horizonte fosilífero de Berlín' presenta contactos fallados con varios cuerpos de rocas metamórficas y es intruido por varios cuerpos de rocas ígneas de diferentes edades, que han sido precisadas por nuevas dataciones geocronológicas. A continuación, se relacionan los conjuntos rocosos: (Figura 2).

3.1 Rocas metamórficas en contacto con el 'horizonte fosilífero de Berlín'

A). Al oriente, Barrero y Vesga (1976) dibujan un contacto fallado entre filitas, cuarzo-filitas grafitosas y esquistos aluminicos agrupados en el cuerpo litológico es, y esquistos verdes asignados al cuerpo denominado ev (Figura 2). Recientemente, Sábica (2022) de circones provenientes de los esquistos cuarzo sericiticos reporta las edades 145.08 ± 3.95 m.a. y 135.7 ± 5.39 m.a. (intervalo Berriasiano-Hauteriviario, IUGS, 2024), que para el autor citado representa probablemente la edad máxima de depósito del protolito. Hacia al sur, en esta misma franja de rocas metamórficas, Bustamante et al. (2017), para esquistos moscovíticos cuarzosos grafitosos, establecen la máxima edad del depósito en 162.5 ± 1.8 m.a. (Jurásico Superior).

B). Al occidente, el 'horizonte fosilífero de Berlín' está en contacto fallado con rocas pre-cretácicas con bajo grado de metamorfismo. Barrero y Vesga (1976) diferencian los cuerpos litológicos TRnq y TRbsd y les asignan una edad triásica (Figura 2): el TRnq está representado por cuarcitas y cuarcitas biotíticas feldespáticas con transiciones locales a esquisto y neises, mientras que el TRbsd agrupa rocas no diferenciadas con muy bajo grado de metamorfismo, que preservan la textura sedimentaria original.



C). Al nororiente afloran rocas néisicas cuarzo dioríticas a cuarzo monzoníticas de edad triásica tardía (205 ± 7 m.a.) que fueron representadas en el mapa geológico por Barrero y Vesga (1976), como el cuerpo litológico TRin; en estudios posteriores de este mismo cuerpo se reportan dataciones U/Pb entre 243 ± 1.9 m.a. (Rueda, 2019) y 240 - 248 m.a. (Sabrica, 2022); ambas edades del Triásico Inferior.

3.2 Rocas intrusivas

Estas rocas son de diferente composición y edad y aparecen cartografiadas en esta región (Figura 2): Las rocas intrusivas cretácicas que afloran al sur y están adyacentes al 'horizonte fosilífero de Berlín', son: la Alaskita de Samaná (Kas), con edad de 132 ± 2.68 m.a., Valanginiano-Hauteriviano (Rueda y Rodríguez, 2016) y el Complejo Ígneo de Samaná (Kds) constituido por diorita, alaskita, cuarzo-diorita y gabro hornbléndico; la fase gabroica del Complejo fue datada en 119 ± 10 m.a., Aptiano-Albiano (Barrero y Vesga, 1976) y la fase granítica de 128 ± 9.7 m.a., Barremiano-Aptiano (Rueda y Rodríguez, 2016). Hay presencia de cuerpos hipoabisales de composición dacítica con variaciones a granodioritas (Td) cartografiados por Barrero y Vesga (1976) que dieron edad radiométrica entre 53 y 54 m.a. (Paleoceno).

3.3 Rocas volcánicas efusivas

Las unidades UE-PN, UE-SDfc y UE-SDfd (figura 2) fueron separadas por Rueda y Rodríguez (2016) y corresponden a 'depósitos volcanoclásticos primarios específicamente a corrientes de densidad de piroclastos ya sean concentradas o diluidas de origen freatomagmático o freático', resultantes de la actividad de los volcanes el Escondido y San Diego durante el Pleistoceno (Moncalve 2020).

La situación estructural del 'horizonte fosilífero de Berlín' queda delimitada así: al occidente por la falla Palestina que tiene dirección NNE (Barrero y Vesga, 1976, Rueda y Rodríguez, 2016), y al oriente por la falla Patio Bonito cuya dirección es NNW (Rueda y Rodríguez, 2016).

4. RESULTADOS

4.1 Descripción de la columna estratigráfica del 'horizonte fosilífero de Berlín'.

El 'horizonte fosilífero de Berlín' aparece cartografiado en los mapas 188-I-B y parte del 188-I-C, a escala 1:25.000 y cubre aproximadamente un área de 9.4 km² (Figura 2). Se midieron los 110 metros estratigráficos superiores, que presentan una orientación N10-400W/30-400NE (Figura 3) y fue dividido en tres segmentos (Figura 4); las rocas presentan diaclasamiento con relleno

de fracturas y las impresiones de fósiles suelen aparecer deformadas. En el metro 101.5, luego de un cubierto, aparece una sucesión no medida de arenitas de grano muy fino a medio, de color blanco y rojizas por meteorización, buzando en sentido contrario (N500W/280SW) a la sucesión levantada y están sobrepuestas por depósitos volcánicos recientes.

Segmento 1: Corresponde al tramo de 0 m a 22.5 m (Bastones 0 a 15). Se presentan lodolitas que predominan y arcillolitas interpuestas (Figura 4). El color varía de negro (N1) a gris oscuro (N3) y gris claro (N7). Hay intervalos compactos, así como otros muy deleznales. Las lodolitas muestran laminación plana paralela continua (Figura 5A), resaltada por cambios en el tono de los colores grises (N1-N7), y en ocasiones algunas láminas toman un tono naranja amarilloso oscuro (10YR 6/6). Se presentan lentes arcillosos de color rojo oscuro (5R 3/4) (Figura 5B). Entre los 17.5 m y los 18 m se presenta un tramo de arenitas de cuarzo con matriz arcillosa, en tonos grises claros (N5-N7), están laminadas, resaltadas por tono café moderado (5YR 4/4) y gris oscuro (N2) (Figura 5C); las arenitas también presentan granodecrecimiento. Es frecuente la presencia de lentes de lodolita de color gris oscuro (N1). Son comunes las impresiones de amonitas a lo largo del segmento (Figura 4). La orientación de las capas en el rumbo y buzamiento varía entre N100-350W y N350-680W con buzamientos de 200-500NE. En los primeros 10 m del segmento se evidencian fracturas con direcciones N20E/800SE y la roca parte fácilmente por los planos de estratificación y fracturas.

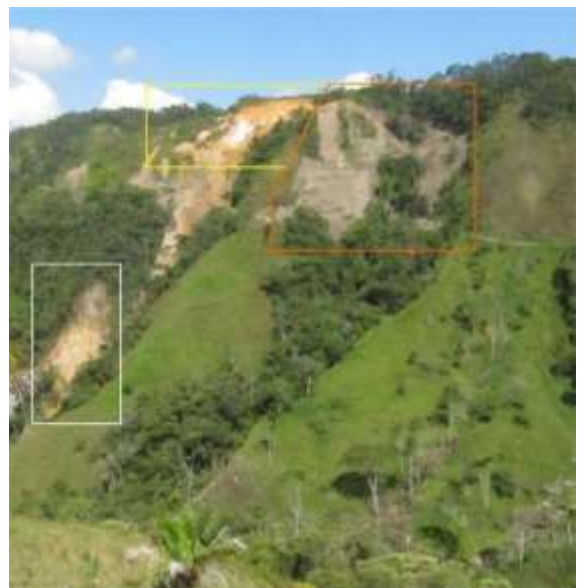


Figura 3. Panorámica de la sucesión levantada. El afloramiento de tono gris corresponde a las rocas del 'horizonte fosilífero de Berlín' y a la sección levantada (recuadro naranja). En esta fotografía se observan los contactos: en la parte superior (recuadro amarillo) los depósitos volcánicos recubren las cuarzoarenitas blancas y en la parte inferior (recuadro blanco) está el contacto entre el 'horizonte fosilífero de Berlín' y la Alaskita de Samaná cubierto por derrumbe (N: 1.109.411 E:901.513).

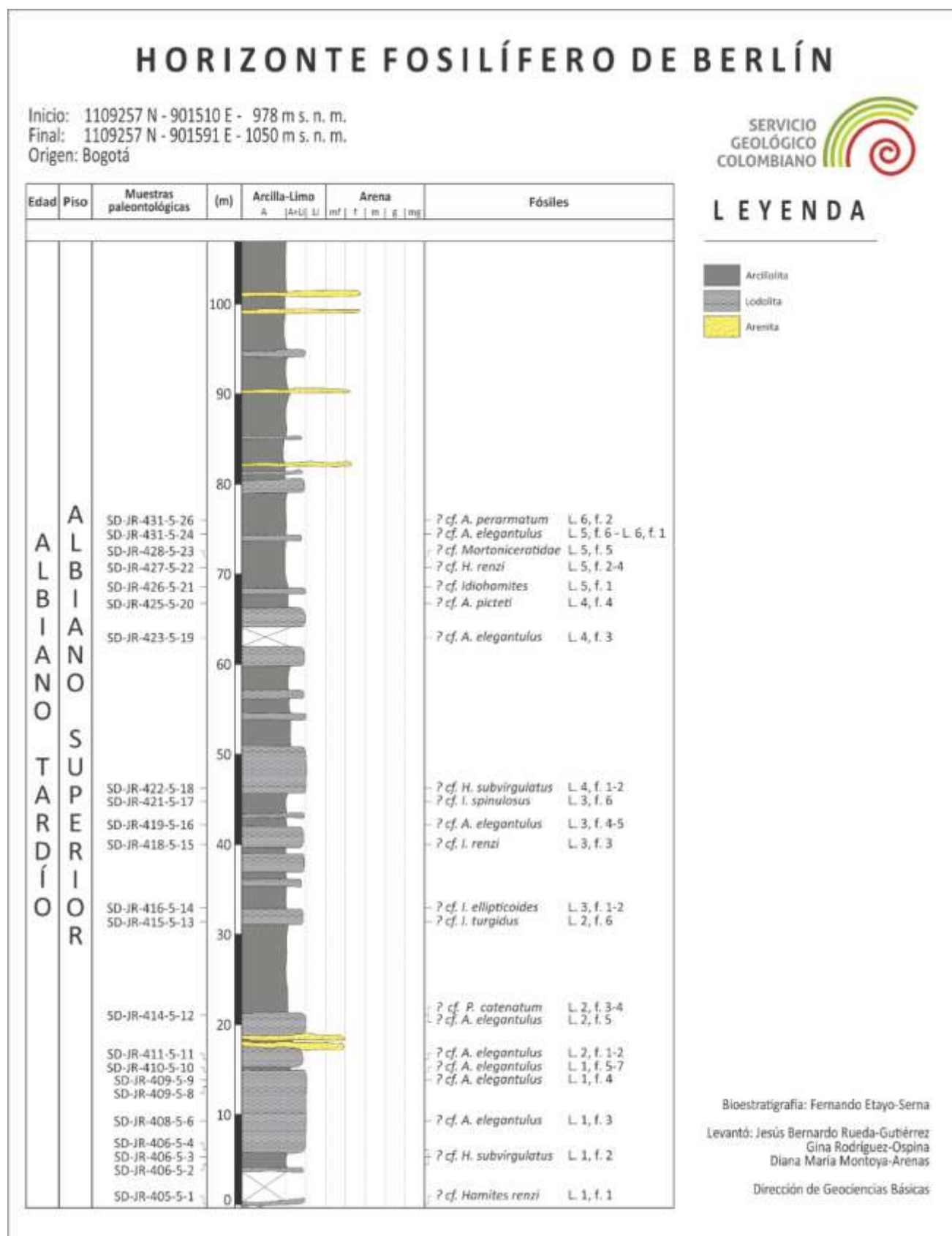


Figura 4. Columna estratigráfica del afloramiento del 'horizonte fosilífero de Berlín'.

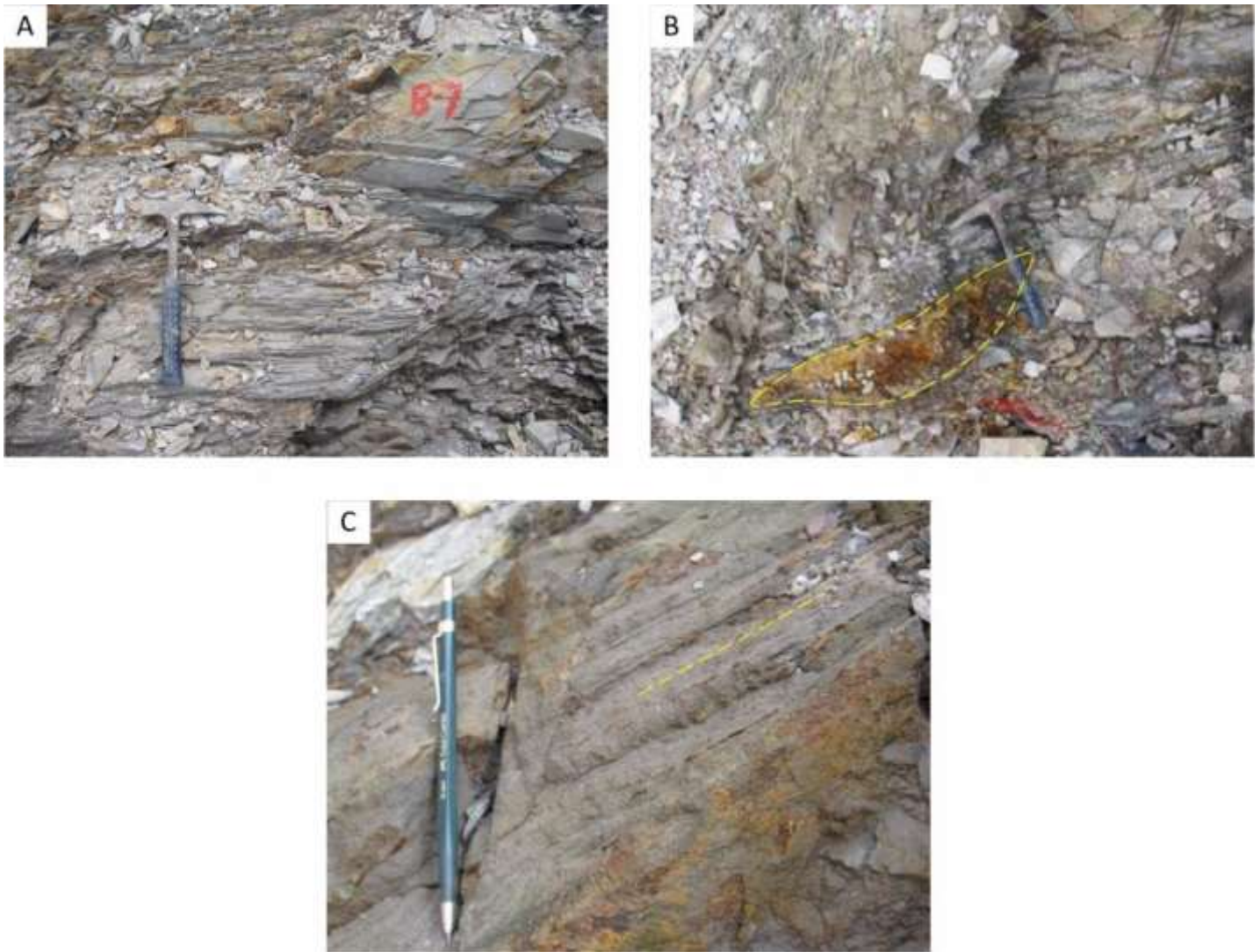


Figura 5. Detalle de las litologías del segmento 1. A) Alternancia de lodolitas y arcillolitas laminadas, resaltadas por los tonos grises oscuros y claros. B) Nótese el lente arcilloso de tono naranja amarilloso (10YR 6/6), limitado por líneas amarillas, dentro de lodolitas grises. C). Arenitas con laminación plana paralela, resaltada por la línea amarilla punteada.

Segmento 2: Abarca el intervalo entre 22.5 m y 66 m (Bastones 15 a 44). Es principalmente arcilloso, inicia con una sucesión de arcillolitas de color naranja amarilloso oscuro (10YR 6/6) con laminación gruesa. Continúan en la sucesión intercalaciones de arcillolitas y lodolitas en paquetes de 50 cm hasta 6 metros (31 m - 65 m). Los tonos de las rocas varían de colores grises (N1-N4) a tonos naranja amarilloso oscuro (10 YR 6/6) o rojizos oscuros (5R 3/4), lo que destaca la laminación (Figura 6A, 6B, 6C y 6D). Las capas están orientadas entre N50- 200W y N300-450W, buzando 250- 300NE y presentan diaclasas perpendiculares a la estratificación.

Segmento 3: Corresponde al intervalo entre 66 m y 103 m (Bastones 44 a 69). Consta de arcillolitas grises (N3 y N7) predominantes, con laminación (Figura 7A); aparecen algunos tramos de lodolitas y arenitas. Se presentan tres niveles de arenitas de menos de 30 cm de espesor que se observan a los 82.5 m, 90.5 m y a los 100.5 m. El primer y segundo tramos corresponden a sublitoarenitas de tamaño de grano fino a mediano y en el siguiente tramo, las arenitas son de grano fino a mediano y se identifican como litoarenitas. Las arenitas tienen laminación muy fina (Figura 7B) resaltada por los colores que varían entre rojizo oscuro, naranja, café y amarillo verdoso oscuro (5R 3/4, 10YR 6/6 y 10Y 5/4). Abundan las impresiones de amonitas en los tramos estratigráficos 64 m a 74 m y en el metro 99.



Figura 6. Detalle de las litologías del segmento 2. A) Exposición de las arcillolitas y lodolitas en alternancias. B) Lentes de arcillolitas de color rojizo (5R 3/4) con un halo café moderado (5YR 4/4). C) Arcillolitas con laminación plana paralela que resalta en tono naranja amarilloso oscuro (10YR 6/6). D) Nivel de lodolitas con fracturas perpendiculares a la estratificación.

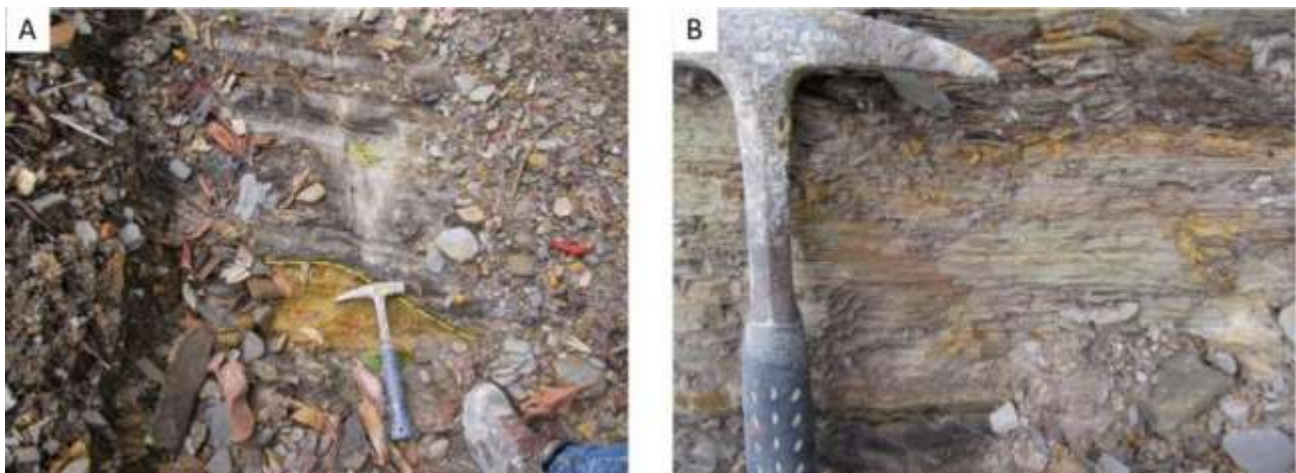


Figura 7. A). Laminación entre arcillolitas y lodolitas resaltada por diferencias de colores: grises (N3 a N7) y naranjas (10YR 6/6, 10YR 8/6), nótese un lente de arcillolita en tonos naranjas (10YR 6/6). B) Nivel de arenitas con laminación plana paralela continua.

4.2 Información bioestratigráfica

4.2.1 Paleontología de la nueva sección estratigráfica estudiada del 'horizonte fosilífero de Berlín': Carretera Berlín - Florencia (km 58 + 940 m).

Esta colección se encuentra en el Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez, la ubicación de las muestras paleontológicas se observa en la Figura 4. La sigla SDJR corresponde a la numeración de las muestras del Proyecto de Geotermia San Diego, del geólogo Jesús Rueda y fueron recolectadas en febrero de 2015.

- | | | |
|---------------|---|--|
| SDJR-405-5-1 | Hamites cf. Hamites renzi Kennedy, en Gale et al., 1996.
Cf. Gale et al., 1996, p. 567, fig. 20L.
'Upper Albian dispar zone'.
Lám. 1, fig. 1. | 1-7. "Upper Albian".
Lám. 2, fig.2. |
| SDJR-406-5-2 | ¿Hamites subvirgatus Spath, 1941.
Cf. Gale et al., 1996, p. 567, fig. 20j.
Cf. Spath, 1941, p.645, fig. 234.
'Upper Albian,dispar-subzone'.
Lám. 1, fig. 2. | SDJR-414-5-12 Cf. Pseudhelicocera catenatum (d'Orbigny, 1842).
Cf. Kennedy & Juignet, 2006, p.166, pl 43, figs.10-13.
'Espèce de sommet de l'Albien moyen et de la base de l'Albien supérieur....' Kennedy & Juignet, 2006, op.cit. p.166.
Cf. Wiedmann & Dieni, 1968, p.76, pl.8, fig.9, lám 2, fig 3,4. |
| SDJR-406-5-3 | Inoceramus sp. ind.
Cf. Gale et al., 1996, fig. 31g. | SDJR-415-5-13 Idiohamites sp. inc. cf. I. turgidus (J.Sowerby, 1818).
Cf. Spath, 1939, p. 587; 1941, pl.66, fig 6.
"Upper Albian, ..."
Lám.2, figs. 5 y 6. |
| SDJR-406-5-4 | Idiohamites cf. I. elegantulus Spath, 1939.
Cf. Spath, 1939, p. 599. Text. figs. 216a-g.
Cf. Owen, 1989, pl. 1. fig.45.
Cf. Gale et al., 1996, p.575, figs. 25 b-d.
Upper Albian dispar zone Spath, p. 600. | SDJR-416-5-14 ?Idiohamites cf. I. ellipticoides Spath, 1939.
Cf. Spath, 1939, p.594, fig. 213b "Upper Gault, varicosum-subzone".
Lám. 3, figs. 1 y 2. |
| SDJR-409-5-6 | Idiohamites cf. I. elegantulus Spath, 1939.
Lám. 1, fig. 3. | SDJR-418-5-15 Hamites sp. cf. H. renzi Kennedy, en Gale et al., 1996.
Cf. Gale et al., 1996, p.567, fig.20L.
Cf. Renz, 1968, p. 69, pl.11, fig. 28.
Lám. 3, fig. 3. |
| SDJR-409-5-7 | Inoceramus sp. ind.
Cf. Gale et al., 1996. fig. 21f. | SDJR-419-5-16 ?Idiohamites elegantulus Spath, 1939.
Cf. Gale et al., 1996, p. 575, figs. 27 f,h.
Lám. 3, figs. 4,5. |
| SDJR-409-5-8 | Idiohamites cf. I. elegantulus Spath, 1939.
Cf. Spath, 1939, p. 599, Text. figs. 216 a-g.
Cf. Gale et al., 1996, p.575, fig. 26 h.
Lám. 1, fig. 4. | SDJR-421-5-17 Idiohamites sp. cf. I. spinulosus (J.Sowerby, 1818)
Cf. Spath, 1939, p. 589, text.fig. 210 "Upper Albian", p.591.
Lám. 3, fig. 6. |
| SDJR-409-5-9 | Idiohamites cf. I. elegantulus Spath, 1939.
Cf. Gale et al., 1996, p. 575, fig. 25d.
Lám. 1, figs. 5, 6 y 7. | SDJR-422-5-18 ¿Hamites subvirgatus Spath, 1941.
Cf. Spath, 1941, p.645, fig. 234a.
"Upper Albian, dispar zone."
Lám. 4, figs. 1 y 2. |
| SDJR-410-5-10 | Idiohamites cf. I. elegantulus Spath, 1939.
Cf. Gale et al., 1996, p.575, fig. 25g. 'From the dispar zone in southern England'.
Lám. 2, fig. 1. | SDJR-423-5-19 ? Idiohamites elegantulus Spath, 1939.
? Pseudhelicoceras sp. inc.
Cf. Spath, 1937, p.531.
Lám. 4, fig. 3. |
| SDJR-411-5-11 | Idiohamites cf. I. elegantulus Spath, 1939.
Cf. Gale et al., 1996, p.26b.
Cf. Cooper & Kennedy, 1979, p. 224, figs. 31A-D.
Cf. Kennedy & Latil, 2007, p. 470, pl.8, figs. | SDJR-425-5-20 Anisoceras sp. inc.cf. A. picteti Spath, 1925.
Cf. Spath, 1939, p.554, pl.63, figs. 4 a,b.
Cf. Renz, 1968, p. 76, pl.14 figs.9a-c.
"Upper Albian, dispar zone " Spath, 1939, p.555.
Lámina 4, fig. 4. |
| | | SDJR 429-5-21 Idiohamites sp. inc
Lámina 5, figura 1. |

SDJR 427-5-22 Hamites sp.cf. H. renzi Kennedy, en Gale et al., 1996.
Cf. Gale et al., 1996, p. 567, fig. 20L.
“Upper Albian dispar zone”.
Lámina 5, figs. 2, 3 y 4.

SDRJ-428-5-23 ¿Mortoniceratidae gen. et sp. ind.
Lámina 5, fig. 5.

SDJR-429-5-24 Cf. Idiohamites sp. cf. I. elegantulus Spath, 1939.
Cf. Gale et al., 1996, p. 557, fig. 26h.
Lámina 5, fig. 6.
Lámina 6, fig. 1.

SDJR-431-5-26 Anisoceras sp. cf. A. perarmatum Pictet & Campiche, 1861.
Cf. Gale et al., 1996, p.571, fig. 24b.
The species is typically Upper Albian, with scattered records from the Lower Cenomanian.
Lámina 6, figs. 2, 3 y 4.

Edad: Todas las muestras soportan el Albiano tardío.

4.2.2 Identificación del contenido paleontológico de las muestras de la región de Berlín, colección SGC Museo Geológico José Royo y Gómez.

Esta colección se encuentra en el Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez; a continuación, se relacionan los geólogos con las siglas de identificación de las muestras paleontológicas recogidas:

DMA: Diana Montoya Arenas Diciembre 1º de 2014

CFJ: Cesar Madrid, Juan Sebastián Hernández

Noviembre 27 de 2009

INMINERO: Inventario Minero Nacional

INMINERO

Km 60.820

De la Dorada para Sonsón-Berlín, Caldas.

Figura 1

¿Hamites Pictet & Campiche, 1861.
Cf. Spath, 1941, p.640, fig. 232 “Upper Albian dispar zone”.
Cf. Renz, 1968, p.68, pl. 11 figs. 19-22.
Cf. Wright et al., 1996, L239: “Forms with strong apertural collar and constrictions...are...microconchs”.
¿Anisoceras armatum (J: Sowerby, 1877).
Cf. Gale et al., 1996, p. 573, fig. 24f. ‘...the species is typically dispar zone’.

DMA-5464 Anisoceras perarmatum Pictet & Campiche, 1861.
Cf. Spath, 1939. p.548, pl.59, fig.1b. p.550 ‘Upper Gault’.
‘especialmente substuderi and dispar subzones’.
Renz, 1968, p. 74. pl.13, fig. 5b.

Renz, 1982, p.60, pl. 20, fig. 1a. ‘Transition Albian-Cenomanian’.

Gale et al., 1996, p.571, fig. 24g. ‘...typically Upper Albian’.

Kennedy et al., 1998. p.39, figs. 32D-F, 33, 34, 35, 36.

Kennedy & Latil, 2007, p. 468, pl. 7, figs. 5,6.

Cf. Hamites subvirgulatus Spath, 1941.

Cf. Gale et al., 1996, p. 567, fig.26j. p.569 ‘from the dispar zone’.

¿Idiohamites recticostatus Renz, 1968.

Cf. Renz, 1968, p. 71, pl.13, fig 2a.

¿Hamites subvirgulatus Spath, 1941.

Cf. Spath, 1941, p.645, text. fig 234. ‘Upper Albian’.

‘substuderi and dispar subzones’, p.646.

DMA-5466 ¿Hamites intermedius J. Sowerby, 1814.

Cf. Spath, 1941, p.630, pl. 71, figs. 3, 6.

DMA-5467 ¿Hamites intermedius J. Sowerby, 1814.

Cf. Spath, 1941, p. 630, pl. 70, figs.19, 20. ‘Albian, top of Lower Gault.’

(cristatum-subzone) and base of Upper Gault (orbigny and varicosum subzones)’.

DMA-5472A ¿Idiohamites recticostatus Renz, 1968.

Cf. Renz, 1968, p. 71, pl. 13, figs. 2 a-c.

‘Albien supérieur ou Vraconnien’, Renz, p.7, 1968.

CFJ-5

Cf. Anisoceras pseudoelegans Pictet & Campiche, 1861.

Cf. Gale et al., 1996, p. 573, fig.23d.

Cf. Collignon, 1967, p. 12, pl. 1, fig.2.

Cf. Anisoceras haasi Cooper& Kennedy, 1979.

Cf. Cooper & Kennedy, 1979, p. 207, fig.21.

¿Hamites gibbosus J. Sowerby, 1814.

Cf. Kennedy & Juignet, 2006, p. 158, pl. 45, figs 1,2,3.

Idiohamites sp. gr. I. dorsetensis Spath, 1939.

Cf. Spath, 1939, p. 396.

Cf.Renz, 1968, p. 70. pl. 12, figs. 4-9.

CFJ-5 (1)

Cf. Hamites subvirgulatus Spath 1941.

Cf. Gale et al., 1996, p. 567, fig. 26j.

CFJ-5 (2)

Cf. Hamites subvirgulatus Spath 1941.

Cf. Gale et al., 1996, p. 567, fig. 25j.

CFJ 5 (B)

Cf. Anisoceras aff. subarcuatum Spath, 1939.

Cf. Spath, 1939, p. 560, pl. 65, fig. 11.

BE 120-1125-AP ?Cantabrigites cf. cantabrigense. Spath, 1933.
Lamina 7, figs. 1,2,3.

BE 120-112-5AP ?Mortononiceras (Durnovarites) postinflatum Spath, 1939.
Lámina 7, fig.4.

Plataforma 15 ?*Cantabrigites cf. Cantabrigense* Spath, 1933.
Lámina 8, figs. 1,2,3.

RDBG-RUN 101 *Idiohamites cf. elegantulus* Spath, 1939.
Lámina 8, figs. 4,5.

P16-DD842 ?*Anisoceras campichei* Spath, 1939.

Edad: Las muestras anteriores indican el Albiano tardío.

4.2.3 Muestras relacionadas con la exploración de uranio en la región de Berlín: *Gaia Energy Subsidiary U308CORP*

BE1201125AP

Cf. *Hamites subvirgatus* Spath, 1941.
Cf. Gale et al., 1996, p. 567, fig. 20d.
¿*Cantabrigites cf. C. cantabrigense* Spath, 1933.
Cf. Spath, 1933, p. 438, pl. 41, figs.3,4; p.439: 'Uppermost Albian...'
Cf. Renz, 1968, p.58, pl.10, figs. 10, 24.
Lám. 7, figs. 1, 2 y 3.
Cf. Kennedy, 2004, p. 879 "Upper upper Albian".
Lám. 7, figs. 1, 2,3.
Cf. *Mortonicerias (Durnovarites) postinflatum* Spath, 1939.
Lám.7, fig.4.

Plataforma 15 ¿*Cantabrigites cf. C.cantabrigense* Spath, 1932.
Inoceramus sp.
Lám. 8, figs. 1, 2 y 3.

RDB 6
RUN 101

Prof.150,86 m *Idiohamites cf. elegantulus* Spath, 1939.
Cf. Spath, 1939, p.599, text.fig.216.
Cf. Owen, 1989, p.376, pl. 1, figs 2-5.
Cf. Gale et al., 1996, p.575, fig.25d.
Cf. Kennedy & Latil, 2007, p. 470, pl. 9, fig.3.
Lám. 8, figs. 4 y 5.

P16-DDB42 *Anisoceras cf. campichei* Spath, 1939.
Prof.54-70 m Cf. Spath 1939, p. 559, text. fig.197.
'Upper Albian, dispar zone'.
Lám. 8, fig 6.

Edad: todas las muestras anteriores confirman el Albiano tardío como edad para las capas fosilíferas.

Núcleo DDB-007 *Actaeonella sp.*

Caja 59 *Nerinea sp.*

Prof. 166.20 m Cf. Sohl & Kollmann, 1985.
Albiano.
Fig. 3C.

Núcleo DDB-011 *Actaeonella sp.*
Caja 46
Prof. 126,07 m

Núcleo DDB-085 *Actaeonella sp.*
Caja 110 *Nerinea sp.*
Prof. 322, 61 m

Pozo IB4-A 'Nivel fosilífero en la base del nivel anómalo'.
Prof. 298.75 m *Actaeonella sp.*
Foto N.8 (Núcleo)
Naranjo Henao, 1983, foto N08.

Según Sohl & Kollmann (1985:1): 'Actaeonellid gastropods...During the Cretaceous they were one of the most common biotic elements in the shallow warm water faunas of the Tethyan Realm... Their greatest latitudinal extent was during Albian to Cenomanian times; and, like their common associates the nerineid gastropods and rudist bivalves, they became extinct at the end of the Cretaceous. The earliest occurrences in the Western Hemisphere of species of *Actaeonella*...are in rocks of Albian age.'

4.2.4 Muestras descritas en Cáceres Bottia (2012 y 2023).

Cáceres Bottia (2012) ilustra algunos fósiles de la llamada "Succession B" en la figura 3 de su columna estratigráfica generalizada; en su figura 4 el autor citado llama cefalópodos a dichos fósiles, pero en realidad estas imágenes corresponden a cortes de gasterópodos de la familia *Actaeonellidae*, mientras que en la figura 9 se trata de gasterópodos de las familias *Actaeonellidae* y *Nerineidae* (ver figura 8 del presente artículo):

Cáceres Bottia (2012, p.10) en el pie de su figura 5 dice: '...fossiliferous wackestone (cephalopods)'; en realidad se trata de cortes de gasterópodos de la familia *Actaeonellidae* (Figuras 8A, 8B, 8C).

En la figura 9 de Cáceres Bottia (op. cit.p.10) el pie de figura dice 'Orthocerid cephalopod fossils...'. Se trata también de cortes de gasterópodos pero en este caso de la familia *Nerineidae* (ver figuras 8D, 8E en el presente estudio). Al observar con cuidado esta figura se distinguen objetos con forma de cono y tabiques transversales: en el extremo agudo de los fósiles con forma de cono, el cono es su ápice. En los cefalópodos orthocerátidos los tabiques muestran convexidad dirigida hacia el ápice, mientras que en los nerineidos como es el caso de las figuras en discusión, estos tabiques muestran concavidad dirigida hacia el ápice (ver Figura 8E).

En su artículo de finales del 2023, en las páginas 81-82, Cáceres Bottia et al., describen la sucesión sedimentaria del 'Sinclinal de Berlín' en el siguiente orden (op.cit. fig.2): 'Succession A... basal conglomerates interbedded with sandstones ... Succession B present a gradation contact with succession A and corresponds to a fossiliferous calcareous mudstones'. Las sucesiones A & B aparecen asignadas al Triásico en la figura 2 y como ya se ha comentado en la sección 4.2.3, esta cronología no es válida.

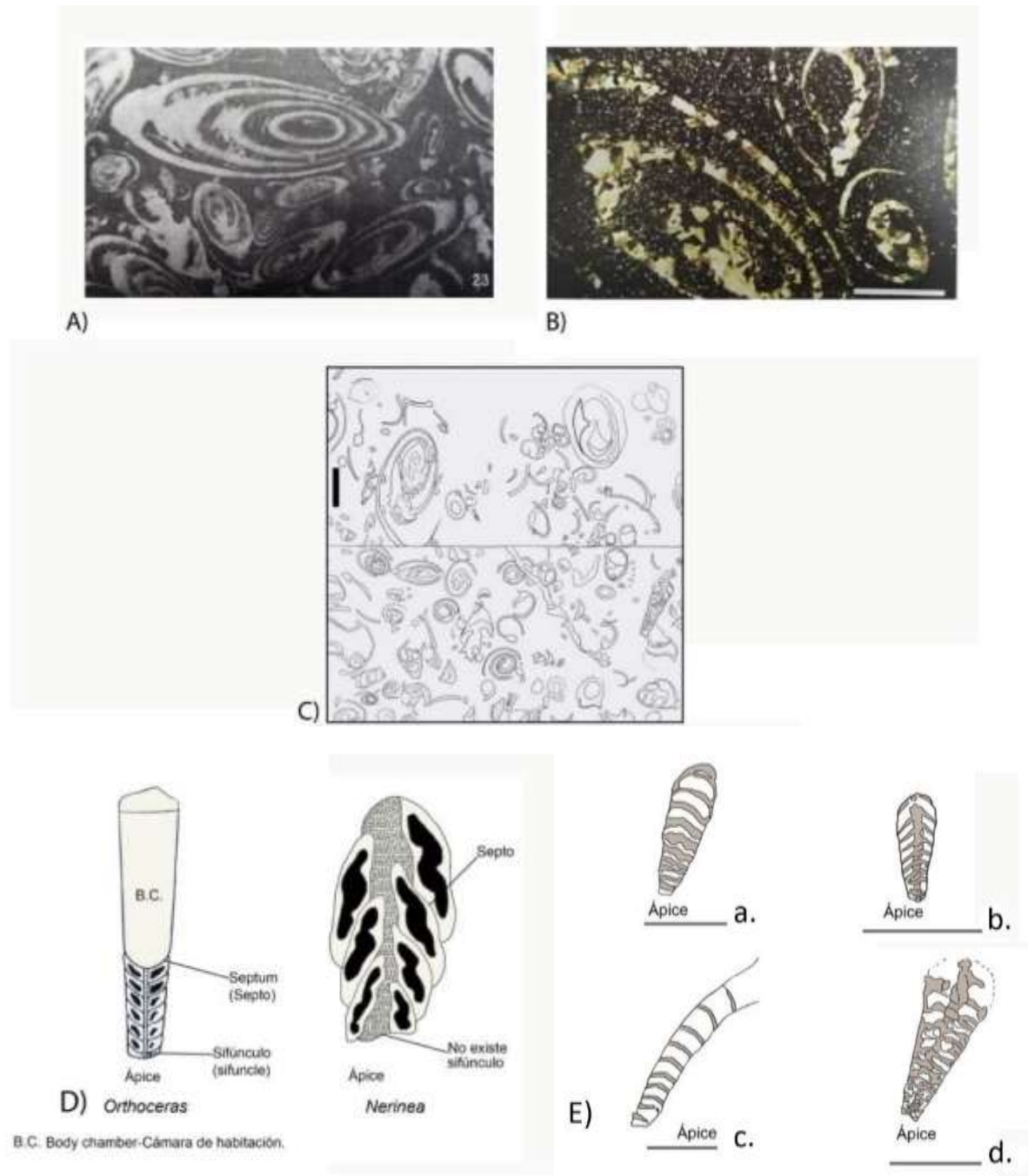


Figura 8. Moluscos de la sucesión estudiada.

A. Sección pulida de caliza en la que se pueden ver diversos cortes de gasterópodos de la familia *Actaeonellidae* (Tomado de Kollmann, 1965, lámina 4, fig.23).

B. Sección pulida de un núcleo de caliza del prospecto Berlín (Tomado de Cáceres Bottia, 2012, figura 4). Compárese con la figura 2A. La localización precisa se desconoce.

C. Dibujos de las secciones pulidas del núcleo DDB-007 C59 166,20. Obsérvense los cortes de los gasterópodos actaeonellidos y compárense con las figuras 2A y 2B. Nótese la bidireccionalidad de los ejes longitudinales de las conchas de los gasterópodos actaeonellidos (elipsoidales) y los nerineidos (coniformes), que sugiere concentración de las conchas por oleaje de tormenta (cf. Futterer, 1982). La familia de gasterópodos *Actaeonellidae* existió solo durante el Cretácico (Sohl, 1987, p.1097).

D. Figuras que muestran la diferente orientación de los tabiques con respecto al ápice en un cefalópodo Orthocerátido y un gasterópodo Nerineido (cf. Wendt, 1988, fig.12).

E. Fósiles ilustrados en Cáceres Bottia en su figura 9 (op.cit. 2012) como “Orthocerid cephalopod fossils”. Nótese que los tabiques dirigen su concavidad hacia el ápice, lo que demuestra su pertenencia al grupo de los gasterópodos nerineidos. Núcleo DDB11 (Ea, Eb); Núcleo DDB7 (Ec, Ed). Las figuras 8E, a, b, c y d, han sido rotadas 180°.



1. SDJR-405-5-1



2. SDJR-406-5-2



3. SDJR-408-5-6



4. SDJR-409-5-8



5. SDJR-409-5-9



6. SDJR-409-5-9



7. SDJR-409-5-9

Lámina 1.

Figura 1. *Cf. Hamites renzi* Kennedy en Gale et al., 1996.

Figura 2. *Cf. Hamites subvirgulatus* Spath, 1941.

Figura 3. *Cf. Idiohamites elegantulus* Spath, 1939.

Figura 4. *Cf. Idiohamites elegantulus* Spath, 1939.

Figura 5,6,7. *Cf. Idiohamites elegantulus* Spath, 1939.

Nota: La barra negra en cada figura representa 1 cm.



1. SDJR-410-5-10



2. SDJR-411-5-11



3. SDJR-414-5-12



4. SDJR-414-5-12



5. SDJR-414-5-13



6. SDJR-415-5-13

Lámina 2.

Figura 1. Cf. *Idiohamites elagantulus* Spath, 1939.

Figura 2. Cf. *Idiohamites elagantulus* Spath, 1939.

Figura 3,4. Cf. *Pseudhellicoreras catenatum* (d'Orbigny, 1842).

Figura 5. Cf. *Idiohamites turgidus* (J. Sowerby, 1818).

Figura 6. Cf. *Idiohamites turgidus* (J. Sowerby, 1818).



1. SDJR-416-5-14



2. SDJR-416-5-14



3. SDJR-418-5-15



4. SDJR-419-5-16



5. SDJR-419-5-16



6. SDJR-421-5-17

Lámina 3.

Figura 1,2. Cf. *Idiohamites ellipticoides* Spath, 1939.

Figura 3. Cf. *Hamites renzi* Kennedy, en Gale et al., 1996.

Figura 4, 5. Cf. *Idiohamites elegantulus* Spath, 1939.

Figura 6. Cf. *Idiohamites spinulosus* (J. Sowerby, 1818).



1. SDJR-422-5-18



2. SDJR-422-5-18



3. SDJR-423-5-19



4. SDJR-425-5-20

Lámina 4

Figura 1,2.

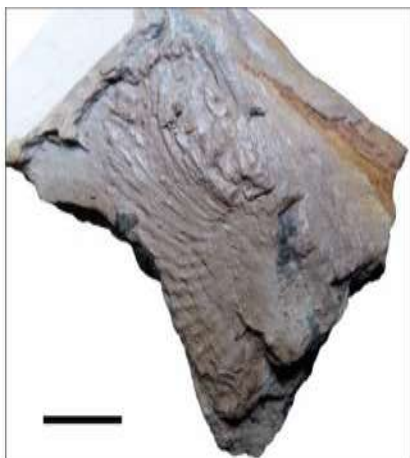
Figura 3.

Figura 4.

Cf. Hamites subvirgulatus Spath, 1941.

Cf. Idiohamites elegantulus Spath, 1939.

Cf. Anisoceras picteti Spath, 1925.



1. SDJR-426-5-21



2. SDJR-427-5-22



3. SDJR-427-5-22



4. SDJR-427-5-22



5. SDJR-428-5-23



6. SDJR-429-5-24

Lámina 5.

Figura 1. *Idiohamites* sp. inc.

Figura 2,3,4. *Cf. Hamites renzi* Kennedy, en Gale et al., 1996.

Figura 5. *Mortoniceratidae* gen. et sp. inc.

Figura 6. *Cf. Idiohamites elegantulus* Spath, 1939



1. SDJR-429-5-24



2. SDJR-431-5-26



3. SDJR-431-5-26

Lámina 6



4. Detalle de SDJR-431-5-26

Figura 1. Cf. *Idiohamites elegantulus* Spath, 1939.

Figura 2. Cf. *Anisoceras perarmatum* Pictet & Campiche, 1861.

Figura 3,4. Cf. *Anisoceras perarmatum* Pictet & Campiche, 1861.



1. BE-120-1125-AP



2. BE-120-1125-AP



3. BE-120-1125-AP



4. BE-120-1125-AP

Lámina 7.

Figuras 1, 2, 3. Cf. *Idiohamites elegantulus* Spath, 1939.

Figura 4. Cf. *Mortoniceras (Durnovarites) postinflatum* Spath, 1939.



1. P15



2. P15



3. P15



4. RDBG-RUN 101



5. RDBG-RUN 101



6. P16-DD842

Lámina 8.

Figura 1,2,3.

Figura 4,5.

Figura 6.

Cf. *Cantabrigites cantabrigense* Spath, 1933.

Cf. *Idiohamites elegantulus* Spath, 1939.

Cf. *Anisoceras campichei* Spath, 1939.

5. DISCUSIÓN

El estudio de las amonitas recuperadas de las lodolitas fisiles que afloran al costado sur occidental de la carretera Berlín-Florencia, departamento de Caldas, permite documentar la existencia de la parte superior del piso Albiano del Sistema Cretácico, no reconocida previamente en Colombia.

La presencia de las amonitas heteromorfas ilustradas en este artículo puede explicarse con base en la paleobiogeografía de finales del Albiano (Figura 9): las localidades de las cuales fueron descritas originalmente las especies de amonitas con las que comparamos nuestras muestras, se sitúan en la margen N del Canal de la Mancha es decir la costa sur de Gran Bretaña, que durante el Albiano estuvo en comunicación con el Mar de Tetis cuya corriente dominante fluyó de E a W (Lloyd, 1982) y afectó el norte de África (Jaillard et al., 2013) y el norte de Suramérica (Owen y Mutterlose, 2006) en un momento geohistórico en el que predominó el clima cálido -'warm greenhouse temperatures' (Huber y O'Brien, 2020) anterior al emplazamiento de la 'Provincia basáltica Caribe' del Cretácico superior (Sinton et al., 1998).

La explicación interpretativa (cf. Wunsh, 2007) del paleo-flujo del mar durante el Albiano, permite comprender el modo de cómo pudieron dispersarse los estadios tempranos de las amonitas estudiadas y es esquematizada en la figura 9, adaptada de Amedro (2002) y Haggart et al. (2006).

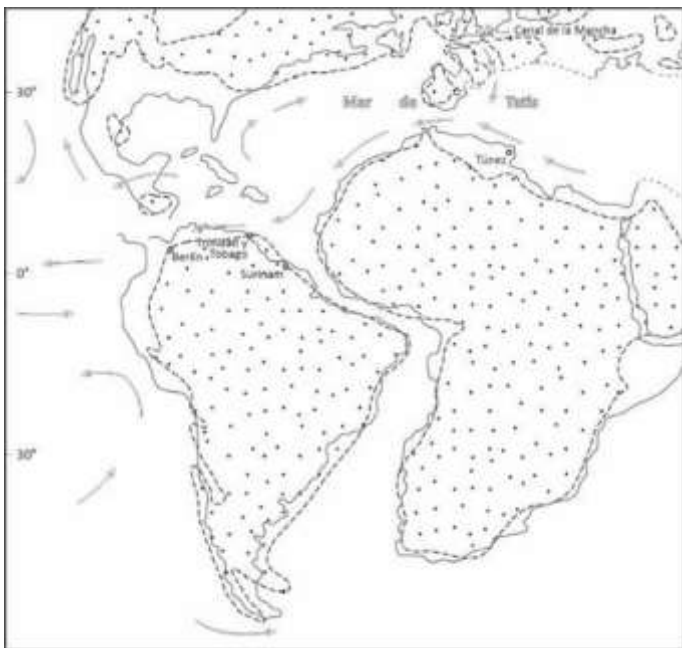


Figura 9. Explicación interpretativa para la dispersión de las amonitas del Albiano tardío por corrientes del Mar de Tetis.

6. CONCLUSIONES

Como resultado de nuestra investigación se establece la presencia de depósitos cretácicos correspondientes al Albiano superior, en la cordillera Central de Colombia.

Las relaciones faciales de los cuerpos sedimentarios que afloran en la región de Berlín (Caldas), y las edades establecidas para ellas permiten concluir que al final del Albiano ocurrió una marcada inundación marina en esta región.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses financieros o relaciones personales que puedan haber influido en el trabajo reportado en este artículo

AGRADECIMIENTOS

Por su apoyo en las ilustraciones a la geóloga Clara León Montenegro, a la ingeniera Yanneth Montaña Barrera por el dibujo del mapa geológico y al biólogo Daniel Pomar, cuidadoso preparador.

7. REFERENCIAS

- Amedro, F. 2002. Plaidoyer, pour un étage Vraconnien entre l'Albien sensu stricto et le Cénomanién (système Crétacé). Académie Royale de Belgique. Classe des Sciences Collection in-4°, 3e série, tome IV, 2008:128p.
- Barrero, D., Vesga, J. 1976. Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9 Armero y parte sur del J-9 La Dorada. Ingeominas.
- Bustamante, C., Archanj, C., Cardona, A., Bustamante, A., Valencia, V.. 2017. U-Pb Ages and HF isotopes in zircons from parautochthonous Mesozoic Terranes in the Western Margin of 5:487-500.
- Bürgel, H. Radelli, L.. 1962. Nuevas localidades fosilíferas en la Cordillera Central de Colombia (S.A.) Geología Colombiana 3:133-138. Bogotá.
- Cáceres Bottia, A.. 2012. Genesis of the sediment-hosted uraniumiferous phosphate deposit in the Berlín Project. Central Cordillera, Colombia and its implications for exploration. A Thesis submitted to the Department of Geological Sciences and Geological Engineering, in conformity with the requirements for MAG degree: Queen's University Kingston. Ontario. Canada. 44p.
- Cáceres Bottia, Andrés, Mantilla-Figuero, L.C, Ríos-Reyes, C.A., Pimiento-Ueda, R.. 2023. General considerations on the genesis of Uranium and Vanadium occurrence in the Cretaceous sedimentary rocks of the Berlín Synclinal, Central Cordillera (Colombian Andes). Boletín de Geología. Vol 45 (3): 79-93.
- Campbell, C. V. 1967. Lamina, lamina set, bed and bedset. Sedimentology, 8 (1):7-26.
- Collignon, M. 1967. Les cephalopodes crétacés du bassin côtier de Tarfaya. Notes et Mémoires du Service des Mines et de la Carte Géologique du Maroc 175 (1966):7-148,35pl.

- Cooper, M., R., Kennedy, W.J. (1979). Uppermost Albian (Stoliczkaia dispar Zone), Ammonites from the Angolan Littoral. *Annals of the South African Museum* 77 (10):175-308.
- Etayo Serna, F. (1981). On the supposed aptian occurrence of the ammonite genus *Neodeshayesites* in Colombia and Venezuela; with an appendix on *Neodeshayesites karsteni* (Marcou). *Geología Norandina* 3:45-51.
- Folk, R. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *The Journal of Geology*, 62(4):334-359.
- Folk, R. L., 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Co., 182p.
- Futterer, E. 1982. Experiments on the distinction of wave and current influenced shell accumulations. In: *Cyclic and Event Stratification*. G. Einsele and A. Seilacher, Eds: 175-179. Springer.
- Gale, A. S., Kennedy, W.J., Burnett, J.A., Caron, M, Kidd, B.E. 1996. The Late Albian to Early Cenomanian succession at Mont Risou near Rosans (Drôme, SE France): an integrated study (ammonites, inoceramids, planktonic foraminifera, nannofossils, oxygen and carbon isotopes). *Cretaceous Research* 17 (5):515-606.
- Haggart, J.W., Matsukawa, M., Ito, M. (2006). Paleogeographic and paleoclimatic setting of Lower Cretaceous basin of East Asia an Western North America, with reference to the nonmarine strata. *Cretaceous Research* 27:149-167.
- Huber, B.T., O'Brien, C.L. (2020). *Cretaceous Climate*. Encyclopedia of Geology. 2nd edition. Elsevier inc.
- Jaillard, E., Dumont, T., Ouali, J., Bouillin, J.P., Chihoui, A., Latil, J.L., Arnaud, H., Arnaud-Vanneau, A., Zghazl, H. (2013). The Albian Tectonic 'crisis' in Central Tunisia: nature and chronology of the deformations. *Journal of African Earth Sciences* 85:75-86.
- Kennedy, W.J. 2004. Ammonites from the Pawpaw Shale (Upper Albian) in northeast Texas. *Cretaceous Research* 25 (6):865-905.
- Kennedy, W.J., Cobban, W.A., Gale, A.S. Hancock, J.M., Landman, N.H. (1998). Ammonites from the Weno Limestone (Albian) in Northeast Texas. *American Museum Novitates* 3236:46.
- Kennedy, W.J., Juignet, P. (2006). *Romaniceras deverianum* (d'Orbigny 1841) (Fischer, J.C. Ed). *Révision critique de la Paléontologie Française d'Alcide d'Orbigny*. V:IV Cephalopodes Crétacés. Backhuys Publishers, 129p.
- Kennedy, W.J., Latil, J.L. (2007). The Upper Albian ammonite succession in the Montlaux section, Hautes-Alpes, France. *Acta Geologica Polonica* 57 (4):453-478.
- Kollmann, H.A. (1965). Actaeonellen (Gastropoda) aus der ostalpinen Oberkreide. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 68:243-262.
- Lloyd, C. R. (1982). The mid-Cretaceous earth: paleogeography, ocean circulation and temperature, atmospheric circulation. *Journal of Geology* 90:393-413.
- Monsalve, M.L. (2020). The volcanic front in Colombia: Segmentation and recent and historical activity. *The Geology of Colombia, Volume 4, Quaternary*. Gómez J. & Pinilla A. Editores; Servicio Geológico Colombiano. Publicaciones Especiales 38. 97-157p.
- Moore, D.G., Scrutton, P.C. (1957). Minor internal structures of recent unconsolidated sediments. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 41 (12): 2723-2751.
- Naranjo Henao, J.L. (1983). Investigación del potencial uranífero de los shales negros del Sinclinal de Berlín, Departamento de Caldas. U. Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias. Trabajo de Grado: 99.
- Owen, H.G. (1989). Late Albian (Stoliczkaia dispar Zone) Ammonites from Misburg, Hannover. *Geologisches Jahrbuch*. A113:373-395.
- Owen, H.G., Mutterlose, J. (2006). Late Albian ammonites from offshore Suriname: implications for biostratigraphy and palaeobiogeography. *Cretaceous Research* 27 (6): 717-727.
- Radelli, L.(1967). *Géologie des Andes Colombiennes*. Thèses, Faculté des Sciences de L'Université de Grenoble: 1-475, B2-B12.
- Renz, O. (1968). Die Ammonoidea im Stratotyp des Vraconien bei Sainte Croix (Kanton Waadt). *Schweizerische paläontologische Abhandlungen* 87: 99p, 18 pl.
- Renz, O. (1982). *The Cretaceous ammonites of Venezuela*. Maravén. Caracas: 132, 40pl.
- Riedel, L. (1938). Ammonites del Cretácico inferior del Cordillera Oriental. *Estudios geológicos y paleontológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia*. Ministerio de Minas Industria y Petróleos, parte 2: 7-78, pl. 3-14. Bogotá.
- Robert, E., Bulot, L.G. (2005). Albian ammonite faunas from Perú: The genus *Neodeshayesites* Casey, 1964. *Journal of Paleontology* 79 (3):611-678.
- Rueda, J., Rodríguez, G. (2016). *Geología del área geotérmica de San Diego, Caldas*. Servicio Geológico Colombiano. Informe interno I-3901. 275p.
- Rueda, J.. (2019). Aportes al conocimiento del magmatismo de la Cordillera Central de Colombia en su flanco oriental: área geotérmica de San Diego, Samaná, Caldas. *Boletín de Geología*. Vol 41 (2): 45-69. Bucaramanga.
- Sabrica, C. (2022). *Ambiente geodinámico del Gneis de Naranjales y su relación con las rocas metamórficas encajantes*. Tesis para optar el título de Magister en Ingeniería- Recursos Minerales. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 166p.
- Sinton, C. W., Duncan, R.A., Storey, M., Lewis, J., Estrada, J.J. 1998. An oceanic flood basalt province within the Caribbean plate. *Earth and Planetary Science Letters* 155:221-235
- Sohl, N. Heinz, F., Kollmann, A. (1985). Cretaceous Actaeonellid Gastropods from the Western Hemisphere. *Geological Survey Professional Paper* 1304: 104, 23 pl.
- Sohl, N.F. (1987). Presidential address. Cretaceous gastropods: contrasts between Tethys and the temperate provinces. *Journal of Paleontology* 61 (6):1985-1111.
- Spath, L.F. (1925). On Upper Albian Ammonoidea from Portuguese East Africa, with an appendix on Upper Cretaceous ammonites from Maputoland. *Annals of the Transvaal Museum* 11:179-200, pl.28-37.
- Spath, L.F. (1932). A monograph of the Ammoniidea of the Gault Part 9. *Palaeontographical Society* (1930). London: 349-410, pl.37-42.

- Spath, L.F. (1933). A monograph of the Ammonoidea of the Gault. Part 10. Palaeontographical Society (1931). London: 411-442, pl 43-48.
- Spath, L.F. (1937). A monograph of the Ammonoidea of the Gault. Part 12. Palaeontographical Society (1936). London: 497-540, pl 57-58.
- Spath, L.F. (1939). A monograph of the Ammonoidea of the Gault. Part 13. Palaeontographical Society (1938). London: 541-608, pl 59-64.
- Spath, L. F. (1941). A monograph of the Ammonoidea of the Gault. Part 14. Palaeontographical Society (1938). London: 609-668, pl 65-72.
- Wendt, J.. (1988). Condensed carbonate sedimentation in the late Devonian of the eastern Anti-Atlas (Morocco). *Eclogae Geologicae Helvetiae* 81 (1): 155-173.
- Wiedmann, J., Dieni, I. (1968). Die Kreide Sardiniens und ihre Cephalopoden. *Palaeontographia Italica*. Vol. 64:171,18pl.
- Wright, C.W., Callomon, J.H., Howarth, M.K. (1996). Cretaceous Ammonoidea. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part L. Mollusca 4 Revised. The Geological Society of America & The University of Kansas Boulder, Colorado & Lawrence. Kansas. XX + 362.
- Wunsch, C. (2007). The past and future Ocean Circulation from a Contemporary Perspective. *Ocean Circulation: Mechanisms and Impacts – Past and Future Changes of Meridional overturning*. Andreas Schmittner, John C.H. Chiang, Sidney R. Hemming Editors *Geophysical Monograph* 173:53-74.