



# PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA RESERVA NATURAL COMUNITARIA DE DINDEFELO (SENEGAL): INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA PARA UN DESARROLLO SOCIOECONÓMICO SOSTENIBLE

*Geoheritage of the Dindéfelo Community Nature Reserve (Senegal): Geological research for sustainable socioeconomic development*

Elena García-Villalba<sup>1</sup>, Cheikh Ibrahima Youm<sup>2</sup>, Muriel Basile<sup>3</sup>, Juan M. Domingo-Santos<sup>3</sup> y Juan A. Morales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Huelva, 21007 Huelva.  
[elenagvi@hotmail.com](mailto:elenagvi@hotmail.com), [jmorales@uhu.es](mailto:jmorales@uhu.es)

<sup>2</sup> Département de Géologie, Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, Sénégal. [youmanegeos@gmail.com](mailto:youmanegeos@gmail.com)

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva, 21007 Huelva.  
[basilemuriel@gmail.com](mailto:basilemuriel@gmail.com), [juan.domingo@uhu.es](mailto:juan.domingo@uhu.es)

**Abstract:** Within ecotourism, geotourism is currently a less developed but increasingly demanded sector. Geoheritage takes more weight in the enhancement of protected natural areas, such as the Dindéfelo Nature Reserve (Senegal). This reserve has a geological history that spans more than 2,300 My linked to the evolution of the West African Craton and the opening of the Madina Kouta basin. This work aims to assess the geological heritage of the reserve. The final objective is to promote economic growth in the area through the development of geotourism. To do so, a sedimentological and petrological field investigation has been conducted. With the information obtained, tourist sites have been considered from a geological perspective and developed for public outreach. As a result, a petrological and sedimentological characterization of geological formations of the reserve has been accomplished. This work describes the geology of the reserve, which is mainly composed of the sedimentary filling of the Meso- and Neoproterozoic Madina Kouta basin over a Paleoproterozoic metamorphic and igneous substratum. The nature of the sedimentary formations varies from tidal flats to the record of a global glacial period. There is also evidence for subvolcanic activity and horizons of alterites developed on the sedimentary units. From these data, 4 geo-zones and 5 geosites are proposed as geoheritage representative of the reserve, but geosite inventories must be further developed with future investigations.

**Keywords:** ecotourism, Dindéfelo, geoheritage, Proterozoic, Senegal.

**Resumen:** El geoturismo es un sector actualmente poco desarrollado, pero cada vez más demandado. El patrimonio geológico toma cada vez más peso en la puesta en valor de los espacios naturales protegidos. La Reserva Natural Comunitaria de Dindéfelo presenta una historia geológica que abarca más de 2.300 Ma, ligada a la evolución del Cratón de África Occidental y la apertura de la cuenca de Madina Kouta. Este trabajo pretende valorizar el patrimonio geológico de la reserva de Dindéfelo para fomentar el crecimiento económico en la zona a través del desarrollo del geoturismo. Con este fin, se ha llevado a cabo una



*investigación petrológica y sedimentológica sobre el terreno. Con esta información se han valorizado desde una perspectiva geológica algunos sitios turísticos previamente existentes y, con el desarrollo de este conocimiento, se ha realizado un proceso de divulgación. Como resultado, se ha obtenido la caracterización geológica de la reserva. Este trabajo describe la geología de la reserva, que está principalmente compuesta por los depósitos sedimentarios de relleno de la cuenca meso y neoproterozoica de Madina Kouta sobre un sustrato metamórfico e ígneo paleoproterozoico. La naturaleza de las formaciones sedimentarias varía entre llanuras de marea y el registro de un período glacial global. También hay evidencias de actividad subvolcánica y unos horizontes de alteritas desarrollados sobre las formaciones sedimentarias. A partir de estos datos se sugieren 4 geozonas y 5 lugares de interés geológico como parte del inventario del patrimonio geológico representativo de la reserva, aunque se deben desarrollar con futuras investigaciones.*

**Palabras clave:** ecoturismo, Dindefelo, patrimonio geológico, Proterozoico, Senegal.

García-Villalba, E., Youm, C.I., Basile, M., Domingo-Santos, J.M., Morales, J.A., 2023. Patrimonio geológico de la Reserva Natural Comunitaria de Dindefelo (Senegal): investigación geológica para un desarrollo socioeconómico sostenible. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 36 (1): 38-50.

## Introducción

En el artículo 38 de la Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad de España se define el “Patrimonio Geológico” como el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente, y d) el origen y evolución de la vida. Este concepto permite relacionar los elementos abióticos con otros aspectos del territorio, como el clima, la economía o la cultura (Palacio Prieto *et al.*, 2018). Los requisitos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) para otorgar la categoría de geoparque mundial establecen que la zona, además de poseer un patrimonio geológico de relevancia internacional, debe vincularlo al resto del patrimonio natural, cultural u otros aspectos intangibles de la zona, y el conjunto de ellos debe ser de alto valor (<https://www.geoparquebiobio.cl/wp-content/uploads/sites/87/2019/03/Geoparques-Mundiales-de-la-UNESCO.pdf>).

El patrimonio geológico de un lugar está formado por el conjunto de puntos interesantes desde un punto de vista geológico y divulgativo, denominados en España Lugares de Interés Geológicos (LIG) (<https://www.igme.es/patrimonio/PatrimonioG.htm>). Estos deben ser preservados como parte importante del patrimonio natural (Wimbledon, 2012; Carcavilla *et al.*, 2013).

El patrimonio geológico es un potencial turístico cada vez más reclamado dentro del ámbito del turismo ambiental o ecoturismo (Hose *et al.*, 2011). Esta nueva modalidad, denominada geoturismo, es entendida como la explotación de los atractivos estéticos, que se incrementan con el conocimiento geológico y geomorfológico del paisaje. Aunque

hay quien es estricto en la aplicación de este concepto, la UNESCO recomienda incorporar una visión más multidisciplinar, más abierta a los diferentes valores naturales y culturales del territorio donde la geología se presenta como elemento estructural (Hilario *et al.*, 2017).

Las expresiones más claras de la explotación del geoturismo son la Red Global de Geoparques (GGN, *Global Geoparks Network*) y la Red Europea de Geoparques (EGN, *European Geoparks Network*) (Dóniz-Páez *et al.*, 2020). En ellas se observa que la existencia de un geoparque reduce el desempleo y la emigración de las zonas rurales, fomentando el desarrollo local (Farsani *et al.*, 2010). En contraste, aunque la Red Africana de Geoparques (AUGGN, *African UNESCO Global Geoparks Network*) está creada, se encuentra aún por desarrollar, existiendo en África sólo dos geoparques, en Tanzania y en Marruecos.

En el caso de la Reserva Natural Comunitaria de Dindefelo (RNCD), la presencia de especies emblemáticas como el chimpancé de África del oeste (*Pan troglodytes verus*), en peligro crítico de extinción según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (2020), la integración del paisaje Peul en el país Bassari (Patrimonio Mundial de la UNESCO en la categoría de Paisaje Cultural) y las cascadas que caracterizan la zona desde el punto de vista paisajístico, son el conjunto de atractivos que han llamado la atención de los turistas cada año. Ahora se propone a la geología como parte esencial del valor de la reserva.

## Marco geográfico

La RNCD se localiza en la región de Kédougou, al sureste de Senegal, concretamente, en el distrito de Bandafassi del Departamento de Kédougou. Está limitada al sur y suroeste por la frontera de Guinea Conakry, y al este por el río Gambia (Fig. 1). Se extiende al sur del Parque Nacional Niokolo Koba y al norte de las montañas guineanas de la cordillera Fouta-Djalón.

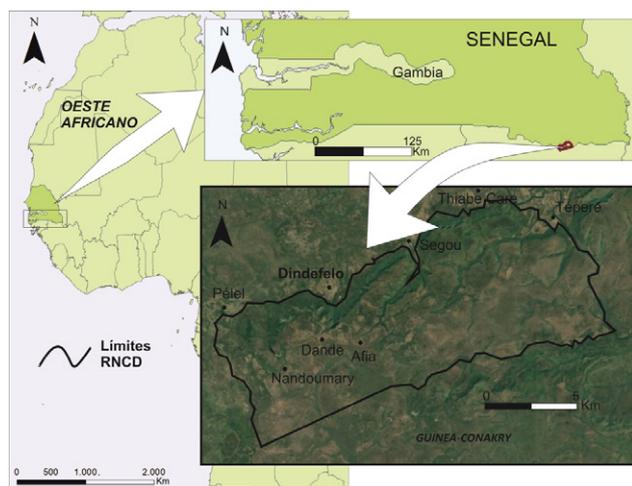


Fig. 1.- Localización de la Reserva Natural Comunitaria de Dindefelo (Senegal).

La reserva presenta una superficie aproximada de 140 km<sup>2</sup>, representando un 55% de la superficie total de la Comuna de Dindefelo (CD), que es de 25.200 km<sup>2</sup>. Sus límites se encuentran comprendidos entre las siguientes coordenadas:

- Latitud: entre los paralelos 12° 18' 25,67" N y 12° 25' 54,90" N
- Longitud: entre los meridianos 12° 11' 11,78" O y 12° 23' 20,45" O

### Marco geológico

La reserva se encuadra en la cuenca sedimentaria de Madina Kouta. Esta cuenca sedimentaria proterozoica se extiende unos 30.000 km<sup>2</sup> entre 4 países: Senegal, Mali, Guinea-Bissau y Guinea-Conakry (Sarr, 2014). Se trata de una cuenca creada por subsidencia dentro del Cratón del África Occidental (CAO), que ha sido activa desde el Mesoproterozoico hasta después de la glaciación del Proterozoico tardío, hace 630 Ma (periodo Ediacárico) (Clauer y Deynoux, 1987). La cuenca se dispone de forma alargada con orientación E-O, profundizando y abriéndose hacia el oeste (Deynoux *et al.*, 1993). La columna estratigráfica general (Fig. 2) muestra las formaciones que se describen en los siguientes párrafos y son las que han sido estudiadas en detalle en este trabajo.

Los materiales del basamento pertenecen al CAO, una de las masas continentales que formaron en su momento el supercontinente Rodinia (Li *et al.*, 2008). Dicho sustrato se corresponde con secuencias sedimentarias deformadas y metamorizadas que son posteriormente intruidas por granitos durante el Paleoproterozoico (Kone, 2015). Estos materiales birrimienenses están representados en la reserva por mármoles ribeteados, calco-esquistos y granitos rosas, de más de 2.300 Ma (Villeneuve, 1989; Youm *et al.*, 2018).

Sobre estas formaciones birrimienenses descansa la cobertura sedimentaria de la cuenca de Madina Kouta. La serie de relleno de esta cuenca comienza con el depósito de los materiales del Grupo Segou (1.600 Ma - 900 Ma): conglomerados de base de la Formación Kafori tras la ero-

sión del zócalo birrimienense en un proceso de distensión del cratón (Youm *et al.*, 2018); le sigue el depósito de los materiales de la Formación Pélel, que consisten en oosparritas y fangos calcáreos con estromatolitos del Esteniense (Villeneuve, 1989; Youm *et al.*, 2018) y, finalmente, se produce una evolución a cuarzoarenitas rojas alternas con lutitas moradas (Formación Dindefelo) del Toniense (Deynoux *et al.*, 1993; Youm *et al.*, 2018). La serie continúa con el grupo Madina Kouta, que es transgresivo con respecto al grupo Segou. La secuencia sedimentaria de este grupo comienza con una alternancia de limos y carbonatos de la Formación Fongolembi (Sarr, 2014; Dabo *et al.*, 2016), seguida por unas areniscas con estratificación cruzada de la Formación Kanta, y culmina con una alternancia de lutitas, areniscas con estratificación cruzada y calizas arenosas de la Formación Dira (Deynoux *et al.*, 1993). El conjunto de los depósitos de todas estas formaciones conforma el supergrupo Segou-Madina Kouta.

El depósito del supergrupo Mauritanides da comienzo durante el tránsito Criogénico-Ediacárico, con la Formación Walidiala, discordante con el supergrupo Segou-Madina Kouta. Esta formación consta de conglomerados de matriz calco-limo-arenosa (Youm, *et al.*, 2018), lutitas con niveles de areniscas con estratificación cruzada, y areniscas y conglomerados a techo. Esta formación ha sido interpretada como tillitas de una glaciación global. Le sigue, para finalizar el relleno de la cuenca, el grupo Mali, bien representado al norte de Guinea Conakry, con una secuencia granodecreciente retrogradando de lutitas verdes micáceas y no micáceas, dolomitas calcáreas, lutitas moradas y cherts. Toda la serie sedimentaria aparece cortada por diques de rocas subvolcánicas de naturaleza dolerítica (diabasas).

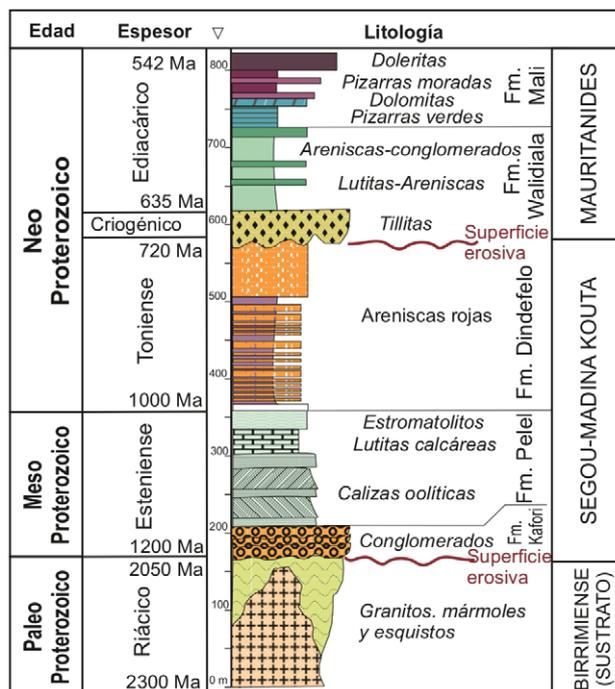


Fig. 2.- Columna estratigráfica general (modificada de Youm *et al.*, 2018).

Esta larga historia geológica da origen a una rica diversidad geológica, que constituye el substrato de la biodiversidad de la reserva (Youm *et al.*, 2018).

**Metodología**

En este trabajo se ha realizado un proceso de investigación sobre el terreno de naturaleza sedimentológica en las unidades estratigráficas descritas previamente, y una descripción petrológica de las unidades de carácter no sedimentario (unidades ígneas y metamórficas). De igual modo, se han caracterizado los horizontes de alteración (ferricretas y alteritas) presentes en la superficie del terreno como resultado de un proceso prolongado de edafización en clima tropical.

Usando criterios geológicos, se ha dividido la reserva en unidades territoriales a partir de sus características geomorfológicas, litológicas y de paisaje. Estas unidades han sido representadas en cartografía (Fig. 3). Por otra parte, se han determinado los LIG que se incluyen en cada una de

ellas (Fig. 3), tomando como referencia inicial los lugares de interés geoturístico de la RNCD descritos inicialmente por Youm *et al.* (2018). Los LIG propuestos y caracterizados geológicamente fueron valorados desde el punto de vista patrimonial. Para la valoración de los LIG, se tomaron en consideración los criterios de García-Cortés *et al.* (2019), priorizando los valores intrínsecos de los lugares de interés turístico, sobre los extrínsecos (potencial de uso y necesidad de protección), que se relacionan más con el potencial turístico y la gestión del lugar que con el valor científico del LIG (Tabla 1).

**Resultados**

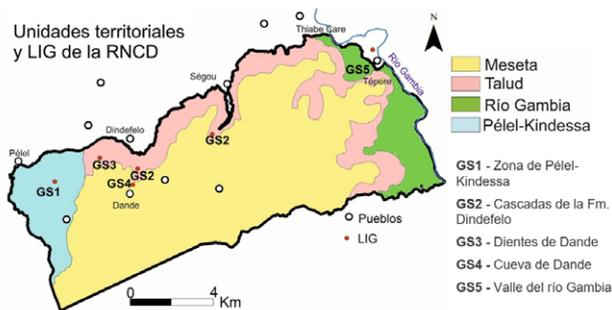
*Delimitación de unidades territoriales*

Las unidades territoriales que se proponen surgen a partir de los elementos geomorfológicos y de relieve principales. Se ha realizado una división de la reserva en 4 unidades generales: la meseta, los taludes, el río Gambia y la zona de Pélel-Kindessa (Fig. 3).

La meseta ocupa unos 8.612 m<sup>2</sup>, que representa un 61,5% de la superficie total de la reserva, presenta una dirección preferente NE-SO y es la frontera natural con Guinea-Conakry. Los más de 400 m de altitud sobre el nivel del mar dan lugar al relieve más accidentado del país, y permiten la formación de grandes saltos de agua, como la cascada de Dindefelo, la más alta de Senegal. El substrato de la meseta son cuarzoarenitas rojas bien estratificadas del Toniense (Formación Dindefelo) y cortadas tectónicamente en paralelogramos según dos familias de fallas conjugadas. Sobre estas, la meseta queda recubierta por una laterita ferruginosa que previene la erosión.

El talud corresponde a una zona muy escarpada en casi toda su distribución. Ocupa 2.700 m<sup>2</sup>, uniendo la meseta con las zonas más bajas. Conformado principalmente por cuarzoarenitas rojas de la Formación Dindefelo, se observan abundantes depósitos coluviales al pie de los escarpes, formados por los bloques de roca fracturados por diferentes familias de fallas y diaclasas, las mismas que cortan el talud. A través de las fracturas tienen lugar las surgencias de agua donde nacen las cascadas de la zona, manantiales y se originan gargantas donde se desarrolla el bosque de galería, de vital importancia como refugio para la fauna.

El valle del río Gambia es una franja lineal que ocupa el límite oriental de la reserva y es de origen fluvial. El valle constituye la reserva de agua principal de la RNCD y es el abastecimiento de los poblados asentados a su alrededor, como Thiabe Care y Tépere. En contraste con



**Fig. 3.-** Unidades territoriales definidas en la Reserva Natural Comunitaria de Dindefelo (RNCD) y localización de los lugares de interés geológico (LIG) propuestos.

TIPO	CRITERIO	DESCRIPCIÓN BREVE
INTRÍNSECOS	Representatividad	El lugar ilustra las cualidades del territorio
	Localidad tipo o de referencia	Se trata de un lugar de referencia estratigráfica, paleontológica, etc.
	Nivel de conocimiento científico existente	El lugar es objeto de publicaciones y estudios científicos
	Estado de conservación	Grado de deterioro físico
	Condiciones de observación	Facilidad para observar un rasgo del entorno
	Rareza	Escasez de rasgos similares
	Diversidad geológica	Variedad de elementos de interés geológico en las proximidades
	Espectacularidad o belleza	Calidad visual
	Posibilidades divulgativas y didácticas	Potencial divulgativo o didáctico de un rasgo o si ya se usa para ello
EXTRÍNSECOS	Posibilidad de realizar actividades recreativas	Cumplimiento de condiciones para realizar actividades de ocio
	Infraestructura	Presencia de alojamiento y restauración
	Contexto socioeconómico	Condiciones socioeconómicas de la comarca. Fomento del desarrollo local
	Asociación con otros aspectos del patrimonio natural o cultural	Elementos de interés no geológicos
	Densidad de población	Se asocia al potencial de visitantes y a la probabilidad de actos vandálicos
	Accesibilidad	Facilidad de acceso a visitantes
	Fragilidad	Facilidad de degradación por sus características intrínsecas (litología, tamaño, etc.)
Cercanía a zonas recreativas	Presencia de zonas recreativas cerca del lugar. Mayor atractivo turístico y mayor probabilidad de vandalismo	

**Tabla 1.-** Criterios de selección de los LIG (modificado de García-Cortés *et al.*, 2019).

los relieves anteriores, la unidad representa un valle con control tectónico, con un fondo de origen aluvial y tramos dominados por lecho rocoso. La pluviometría controla la interrelación entre el río y los acuíferos fisurales laterales, de modo que el río es ganador o perdedor según la estación. Durante la estación seca, el río alimenta los acuíferos (río influente). En la estación de lluvias, el río se nutre de los acuíferos sobresaturados (río efluente).

La zona de Pélel-Kindessa se extiende en los alrededores del poblado homónimo. Abarca el sector noroccidental de la RNCD y los valles de Walidiala y Nandumary, entre los municipios de Pélel y Tanague. Esta zona presenta un interés particular desde el punto de vista geológico. Si bien, se encuentra en su mayoría en una zona de alta pendiente que podría calificarse como talud, los materiales que constituyen su extensión son diferentes al resto de taludes y litológicamente más diversos, aportando información sobre grandes eventos de la historia de la Tierra y, particularmente, de la reserva. Los taludes los conforman las oosparitas de la Formación Pélel y las tillitas de la Formación Walidiala, en contraste con las cuarzoarenitas rojas que levantan la meseta en el resto de la RNCD.

#### Determinación de los lugares de interés geológico (LIG)

La selección de recursos para el turismo geológico se ha realizado a partir de los lugares de interés turístico pre-establecidos de la zona, siendo éstos los que se proponen como lugares remarcables. Como resultado, se han obtenido los 5 LIG (Fig. 3) que se describen a continuación.

*GSI - Zona de Pélel-Kindessa.* Los alrededores del municipio de Pélel presentan un particular interés geológico por su singularidad y diversidad geológica. La superficie abarcada por este LIG se solapa con la de la unidad territorial homónima. En este sector aflora el zócalo birrimense, el conjunto de rocas más antiguas presentes. Está constituido por un cinturón metamórfico de más de 2.300 Ma de calco-esquistos (Fig. 4A) y mármoles ribeteados (Fig. 4B), cortados por granitos rosas (Fig. 4C). Los esquistos



**Fig. 4.-** Materiales del zócalo birrimense de la unidad territorial GSI - Zona de Pélel-Kindessa. A) calco-esquistos; B) mármoles; C) granito rosa.

se encuentran fuertemente plegados y su extensión lateral en afloramiento es discontinua. El granito tiene una coloración rosácea, el tamaño de grano es grueso, distinguiéndose minerales como cuarzo, plagioclasa, biotita, y otros en menor cantidad, como el circón.

Los mármoles ribeteados y esquistos del zócalo serían el resultado de la deformación producida previa al emplazamiento de una gran cámara magmática, constituyendo las rocas encajantes de la misma. El enfriamiento lento del magma ácido contenido en esta cámara da lugar a la aparición del granito rosa.

Discordantemente sobre ellos se sitúan los materiales de las Formaciones Kafori y Pélel. La Formación Kafori está conformada por un conglomerado matriz-soportado (localmente clasto-soportado), con cantos redondeados a sub-redondeados. Los cantos pertenecen a fragmentos de roca de las formaciones birrimenses en una matriz carbonatada (Fig. 5A). La secuencia de rocas que conforman la Formación Pélel se compone de oosparitas y fangos calcáreos con estromatolitos. El tamaño de grano va de fino en los lodos, a tamaño arena media-gruesa en las oosparitas. Destacan las estructuras sedimentarias, principalmente en las oosparitas, observándose laminaciones paralelas con ritmos cíclicos originados por la alternancia de mareas vivas y muertas (tidalitas) (Fig. 5B), y estratificaciones cruzadas que pueden presentar, o no, estas ritmitas mareales.

La Formación Kafori es el conglomerado basal del primer depósito de la cuenca de Madina Kouta. La litología de la Formación Kafori sugiere un carácter continental y un origen aluvial. Según Sarr (2014), la falta de estructuras preservadas y la heterogeneidad del conglomerado indican un ambiente de depósito proximal.

El carácter oolítico carbonatado de la Formación Pélel y sus estructuras sedimentarias permiten interpretarla como una llanura perimareal carbonatada. En las costas



**Fig. 5.-** Primer relleno sedimentario de la cuenca de Madina Kouta. A) conglomerado basal de la Formación Kafori; B) oosparitas con tidalitas de la Formación Pélel; C) tillita de la Formación Walidiala; D) tillitas laminadas

calcáreas, donde hay falta de aportes terrígenos, la calcita precipita preferentemente en la zona submareal (*carbonate factory*), desde donde puede ser erosionada y distribuida como clastos sedimentarios dentro de la zona intermareal (James, 1984). La presencia de tidalitas sugieren un medio somero, como podría ser una llanura de marea. La presencia, a techo, de estromatolitos también es diagnóstica de un medio poco profundo desarrollado en un clima cálido tropical, con actividad de bacterias cianofíceas.

La Formación Walidiala se dispone mediante una discordancia erosiva sobre el Grupo Segou. Aflora un conglomerado masivo matriz-soportado a clasto-soportado, sin estructura interna, con bloques de tamaño variable, de milimétricos a métricos, poco maduros, pertenecientes a los materiales precedentes del zócalo birrimense, y las Formaciones Pélel y Dindéfelo (Fig. 5C). La matriz está compuesta por arcillas rojas. A techo, los estratos pasan de presentar estructura masiva a laminada, con intercalaciones de lutitas (Fig. 5D). Esta brecha, que conforma un mirador sobre el valle de Walidiala, se interpreta como tillitas de un periodo glacial del Neoproterozoico tardío entre 630 y 595 Ma (Clauer y Deynoux, 1987). Formaciones equivalentes constituidas por tillitas son correlacionables por todo el CAO y forman parte, junto con los carbonatos y los cherts de la formación Mali que se superponen, de la denominada ‘Tríada Glacial’ (Miningou *et al.*, 2011).

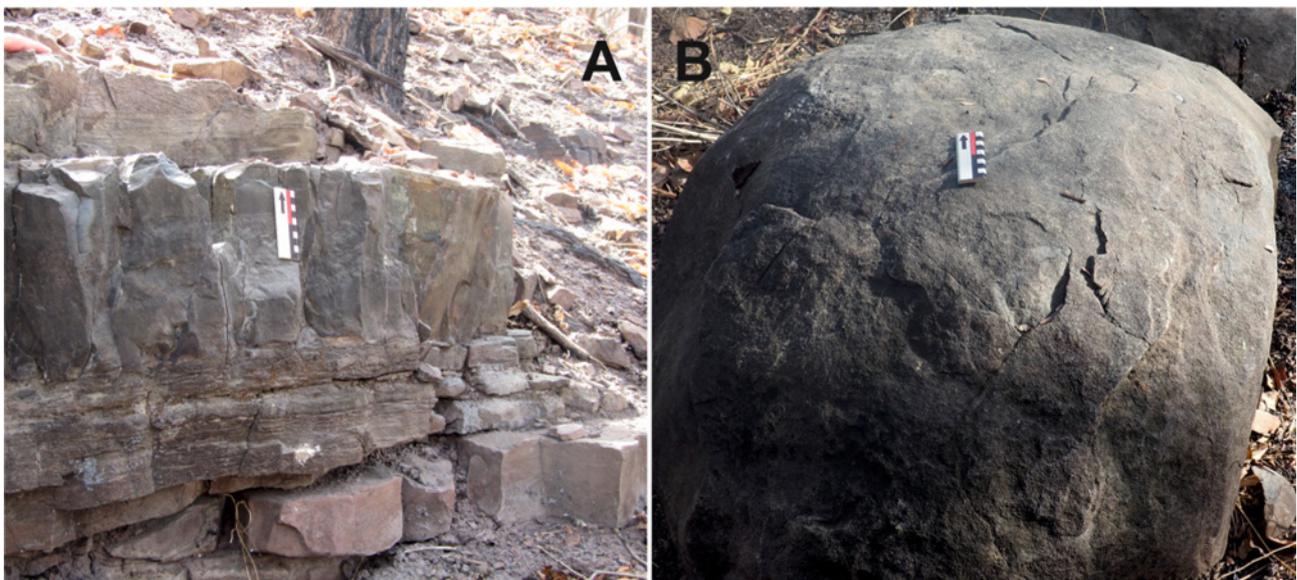
Finalmente, se observa el emplazamiento de doleritas y basaltos, evidencia de la actividad volcánica más reciente en la región, cortando la secuencia sedimentaria en diversas zonas de la RNCD. Los basaltos se han observado a techo de las oosparitas, en disposición horizontal, intruyendo a modo de sills (Fig. 6A). Las doleritas, por el contrario, cortan en sentido oblicuo o vertical (diques) a las Formaciones de Dindéfelo y Mali, al oeste de la reserva, dando lugar localmente a afloramientos de berrocales (Fig. 6B).

A la diversidad geológica de Pélel, se le añade el valor paisajístico de los valles de Walidiala y Nandoumary

(criterio belleza), y el valor botánico del ecosistema de bosque claro. Es un lugar que presenta también valor cultural a través del mito sobre ‘el tronco de Pélel’ (asociación con otros aspectos patrimoniales), que habla de un tesoro escondido en un árbol, lleno de riquezas y que aparece aleatoriamente ante los caminantes de la zona. La leyenda sostiene que aquellos que encuentran el tesoro, no encuentran la llave, mientras que aquellos a los que se les presenta la llave, no son capaces de hallar el cofre. Por otra parte, numerosos grupos de estudiantes universitarios vienen a la RNCD cada año, y buena parte de las sesiones de trabajo de campo se realizan aquí (criterio posibilidades divulgativas y didácticas). El conjunto de todos estos aspectos hace de este lugar un potencial LIG fundamental dentro de la RNCD.

*GS2 - Cascadas de la formación Dindéfelo.* Las cuarzoarenitas de la Formación Dindéfelo conforman la mayor parte del talud de la meseta al norte de la reserva (criterio representatividad), caracterizada por importantes cascadas y saltos de agua que dan lugar a pozas aprovechadas por la población para encuentros sociales, para sobrellevar las altas temperaturas de los meses de abril y mayo, y por los grupos de mujeres locales, que lavan la ropa en los cursos de agua que descienden de las pozas hacia cotas más bajas. Estas cascadas (Fig. 7), además de presentar un valor paisajístico (criterio belleza) y sociocultural (con posibilidad de actividades recreativas y de ocio), dan lugar al desarrollo de un bosque galería, un oasis botánico para la fauna durante la época de sequía, especialmente, para las especies en peligro de extinción de Senegal y el oeste africano (asociación con otros aspectos naturales).

La formación Dindéfelo, conformada por una alternancia de lutitas violetas y cuarzoarenitas rojas con glauconita, presenta una gran diversidad de estructuras sedimentarias. El tamaño de grano varía de arena fina a gruesa, observándose localmente niveles microconglomeráticos. Las formas de fondo principales incluyen *ripples* simétricos,



**Fig. 6.-** Evidencias de la actividad volcánica más reciente en la RNCD. A) sill de basalto encajado en las oosparitas de la Formación Pélel; B) berruoco de dolerita.



Fig. 7.- Diferentes cascadas con salto excavado en la Formación Dindefelo.

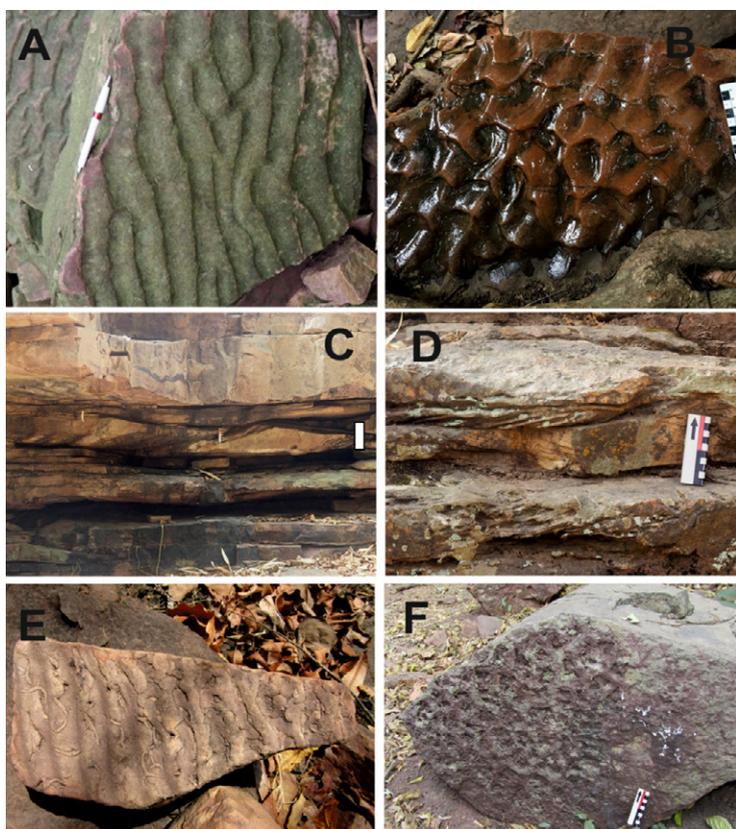


Fig. 8.- Diferentes estructuras de la Formación Dindefelo. A) *ripples* asimétricos; B) *ripples* linguoides; C) dunas; D) *herringbone*; E) *ripples* con bioturbaciones; F) tapiz bacteriano.

asimétricos (Fig. 8A), linguoides (Fig. 8B), trenes de *ripples* de interferencia, dunas (Fig. 8C) y barras de arena; abundan las formas mareales como *herringbones* (Fig. 8D) y *tidal bundles*. Adicionalmente, se observan numerosas estructuras biogénicas que denotan la presencia de organismos complejos ya en el Neoproterozoico (Fig. 8E), además de una gran variedad de tapices bacterianos (Fig. 8F), algo singular en esta formación respecto al resto del registro de ese periodo (criterios rareza y estado de conservación).

Deynoux *et al.* (1993) describen variaciones periódicas de energía que caracterizan a medios de dominio mareal. La interpretación de este trabajo defiende que la presencia de bioturbaciones, tapices bacterianos, grietas de desecación, formas de fondo 2D y 3D, estratificaciones cruzadas, *flaser*, *wavy*, y *lenticular bedding*, *tidal bedding* y *tidal bundles*, son característicos de la acción de corrientes de marea en los diferentes submedios de las llanuras mareales, de acuerdo con los criterios establecidos por Davis *et al.* (2012).

El valor geopatrimonial de las cascadas, especialmente la gran cascada de Dindefelo, es el afloramiento de una secuencia completa de los depósitos costeros de la formación homónima (posibilidades didácticas y divulgativas).

La Gran Cascada tiene su origen en la meseta de Dande, donde se produce una surgencia de aguas subterráneas que caen en catarata por el acantilado de la meseta.

*GS3 - Dientes de Dande.* En la meseta, al noroeste del pueblo de Dande, se encuentra uno de los paisajes más espectaculares de la reserva (criterio espectacularidad), conformado por pilares en forma de prisma de base rectangular, de ahí la nomenclatura de “dientes”, esculpidos en las cuarzoarenitas rojas de la Formación Dindefelo (Fig. 9A). Este lugar de interés geomorfológico es resultado de una tectónica regional extensional acompañada de la acción erosiva de las aguas superficiales (posibilidades didácticas y divulgativas). Bloques decimétricos cortados por estas familias de diaclasas que definen los “dientes”, acaban al pie de los escarpes mediante caída directa, fuente de riesgos geológicos. Así, dan lugar a abanicos de derrubios. Las estructuras presentes en estos bloques son muy diversas y son aquellas propias de la Formación Dindefelo, anteriormente descritas.



**Fig. 9.-** Paisaje en la meseta de la RNC. A) panorámica de los Dientes de Dande; B) los Pequeños Dientes.

La geología no es la única protagonista aquí, ya que los Dientes de Dande conforman un mirador hacia la sabana y el bosque claro del valle de Condodji, entre Dindefelo y el valle de Nandoumary. Hacia el este, existe otra morfología similar, de menor escala, en una zona cercana conocida como los ‘Pequeños Dientes’ (Fig. 9B) y que presenta los mismos valores en cuanto a potencial patrimonial.

*GS4 - Cueva de Dande.* La meseta se encuentra recubierta por un horizonte de laterita compacta, debido a la cementación de ferricreta de un intenso color rojo, que no permite un buen desarrollo de plantas de gran envergadura (Fig. 10A). Por tanto, el bioma es de tipo sabana, con cobertura arbórea pobre y escasa penetración de las raíces. Este horizonte laterítico puede alcanzar en algunos lugares potencias superiores a los 5 m. Bajo la ferricreta compacta se encuentra un segundo horizonte conformado por una alterita mucho más arcillosa y de

colores ocres. Este horizonte puede igualmente alcanzar varios metros de espesor. En algunas zonas de la meseta, donde la ferricreta ha sido erosionada por completo aflora en superficie la alterita no cementada. Allí se desarrolla un suelo más rico en materia orgánica, donde aparecen termiteros de tipo “champiñón” (Fig. 10B).

Al norte del poblado de Dande, se observa un corte en la laterita acompañado de una importante depresión topográfica, dando lugar a un brusco cambio en la vegetación, que pasa a ser bosque galería (Fig. 10C). Se trata de una cueva excavada en las alteritas. En su origen, la cueva se habría originado de forma natural por diferenciación de resistencia de materiales, siendo la alterita más lábil y fácil de erosionar que la costra férrica superior. Sin embargo, además de la erosión natural, el ser humano ha realizado excavaciones en la cueva para extraer el azufre de la alterita y fabricar pólvora (criterio relación con otros aspectos patrimoniales). Así, esta cueva presenta una gran relevancia histórica. En ella se encuentra el origen del pueblo de Dan-

de, cuando en 1945 los hermanos Manga Kouladio Diallo y Manga Binté Vero Diallo llegaron huyendo del yugo del colonialismo en Guinea-Conakry. Posteriormente, la cueva ha sido refugio también de los animistas del pueblo Bédik y Bassari en su intento por escapar de la islamización llevada a cabo por el rey de Labé, también en Guinea. Tradicionalmente, la gruta ha servido como escenario de numerosos eventos del folclore local (Fig. 10D), lleno de misticismo, por lo que posee también un importante patrimonio inmaterial asociado. La cueva se encuentra a escasos metros del pueblo de Dande, donde se encuentra el único campamento turístico de toda la meseta (el *plateau*), lo que facilita las visitas (criterio infraestructuras logísticas).

*GS5 - Valle del río Gambia.* El río Gambia es el principal curso de agua de la RNC. Este río transfronterizo tiene sus accesos más populares a orillas de los pueblos de Thiabe Care y Tépere, y presenta un gran valor ecológico,



**Fig. 10.-** Imágenes en la zona de la Cueva de Dande. A) laterita sobre la meseta; B) termitero champiñón; C) perfil diferencial de la cueva: a muro, las alteritas y, a techo, la ferricreta; D) elementos del folclore local en la cueva.

hidrogeológico, y turístico. Como recurso hídrico, se trata de la reserva de agua principal de la zona. Como punto de agua permanente, el río Gambia representa el refugio de diferentes especies faunísticas durante el estío, y el hábitat de hipopótamos y una gran diversidad de aves.

El curso del río está controlado por fallas conjugadas con direcciones NO-SE y NE-SO, generando un recorrido bastante rectilíneo, pero con algunos meandros. Como se muestra en la Figura 11A, en los tramos de lecho rocoso afloran los granitos rosas del zócalo birrimense (ya descritos para la zona de Pélel), redondeados por la erosión del agua, y que cuando desciende el nivel de agua, permiten la formación de pozas naturales usadas para ocio y actividades tradicionales (criterio posibilidad de realizar actividades recreativas), como la pesca con red y el lavado de telas por los grupos de mujeres de la zona. En los márgenes del río se ha observado la base de la formación Dindéfelo y las estructuras sedimentarias características de esta formación (Fig. 11B).

En Thiabe Care se encuentra el campamento turístico más descentralizado (criterio infraestructura logística). Además, una laterita de edad paleozoica en Tépere da lugar a la leyenda del “cazador persiguiendo a la res”, ya que sobre la roca se observan secciones de clastos similares a pisadas de personas y huellas de ganado (Fig. 11C) que, según la tradición oral, pertenecen a uno de los primeros hombres que habitaron el lugar (criterio asociación con otros aspectos patrimoniales). Estas marcas le dan nombre al pueblo en la lengua local.

#### *Propuesta de gestión de los LIG en la RNCD*

La RNCD carece de medidas específicas para la preservación del patrimonio geológico. Algunas normas internas de la reserva, establecidas en el Plan de Gestión aprobado el 29 de junio de 2021 y en vigor hasta 2026, apelan directamente a algunos de los LIG propuestos en las medidas establecidas para la preservación de la biodiversidad y lugares de interés turístico que se encuentran en zona de reserva integral.

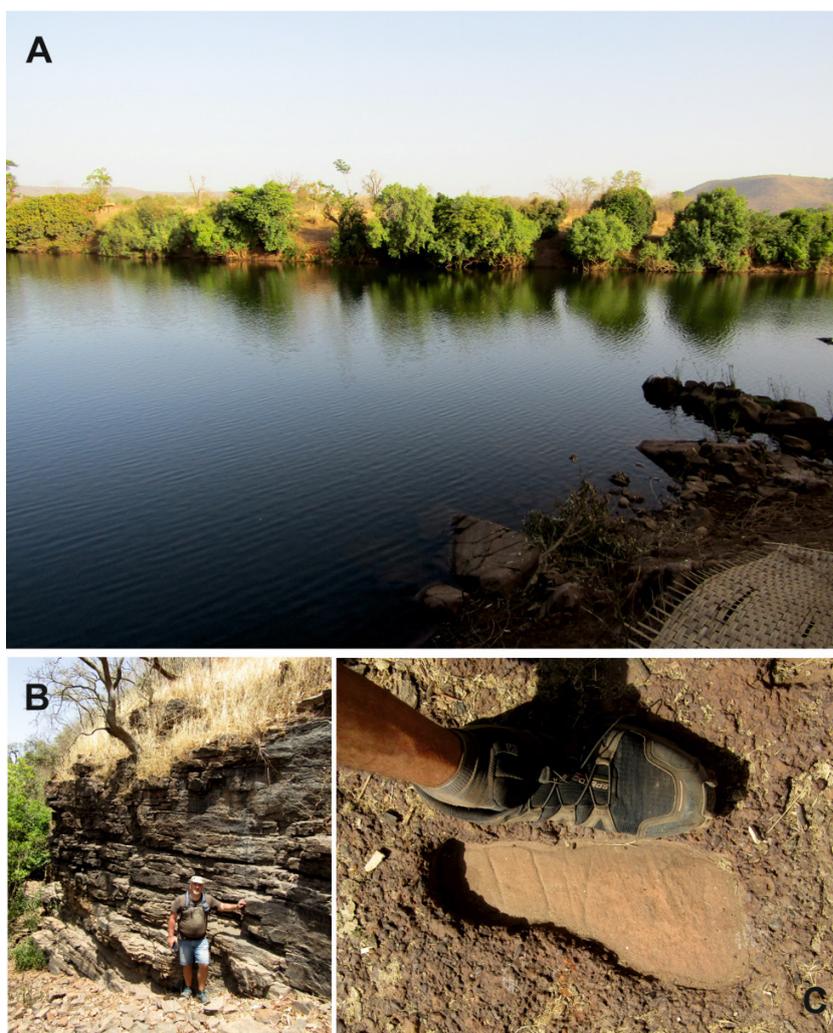
En los alrededores de la Cascada de Dindéfelo, LIG más visitado y que sufre la mayor presión turística, se permite un máximo de 25 personas, mientras que sólo 10 personas pueden bañarse al mismo tiempo en la poza. Así mismo, se prohíbe escuchar música, gritar y preparar té o prender carbón, prácticas habituales de la población que perturban no solo a la fauna, sino que dificultan

la experiencia sensorial intangible del turista. Tampoco está permitido realizar *graffitis* o pintadas en las paredes rocosas de la cascada. La dirección de la RNCD estableció vigilantes en el camino de la cascada para controlar el aforo y la compraventa de tiques.

La reserva integral ha sido señalizada en los caminos que la atraviesan. Se diseñó e instaló una cartelería indicando las normas a seguir en estas áreas (Fig. 12A), desconocidas en general por la población. En el plan de gestión se establecieron sanciones para aquellos infractores de la normativa, mientras que los ecoguardas se encargan de supervisar, por toda la reserva, el cumplimiento de lo establecido en el plan de gestión.

Asimismo, se han realizado recomendaciones a la dirección de la RNCD que conciernen directamente a la conservación del patrimonio geológico. Estas indicaciones consisten en la prohibición de recogida de muestras y picar y/o deteriorar, de cualquier manera, las superficies rocosas. También se sugiere, para mayor seguridad, no desviarse de los caminos establecidos e ir siempre acompañado de un guía turístico local.

En la promoción y divulgación de la geología y del



**Fig. 11.-** Imágenes del valle del río Gambia. A) afloramiento de granitos rosas del zócalo birrimense en los márgenes del Gambia (abajo a la derecha); B) afloramiento de la base de la Formación Dindéfelo; C) supuesta huella de uno de los primeros habitantes de Tépere.

geoturismo de la RNCD y del desarrollo de su potencial, se muestra en la Figura 12B la guía geológica de divulgación que se redactó sobre la geología de la reserva para el turista. Estas guías podrán ser vendidas en el centro de visitantes y permitirán un pequeño beneficio, junto con la puesta en valor del patrimonio geológico, tan desconocido del lugar. De forma complementaria, se ha elaborado una cartelería didáctica sobre la diversidad de materiales presentes en la reserva, las estructuras sedimentarias y biogénicas principales y su interpretación, ubicada en el centro de visitantes. Además, se ha habilitado una sala del ecomuseo para la geología, con muestras de los diferentes tipos de rocas y estructuras reflejadas en los paneles. También se han colocado paneles en el inicio de las rutas turísticas principales, cuyo contenido describe lo que se observa a lo largo del recorrido en relación con la fauna, la flora, la geología y la cultura o el paisaje (Fig. 12C). Finalmente, se ha señalizado la ruta hacia la reserva desde la carretera de Kédougou, a 37 km de Dindefelo. Se han colocado 4 paneles direccionales, el primero a los 37 km (Kédougou),

luego a 12 km (cruce de Thiabe Care), 5 km (Segou) y 1 km. Un quinto cartel fue colocado en la entrada del centro de visitantes para darle mayor visibilidad a la reserva.

## Discusión

Una limitación para el establecimiento de nuevos LIG de uso turístico es que algunas zonas interesantes de la RNCD se encuentran en zona de reserva integral, como la cascada de Segou o la “*Petite Cascade*”. Estas zonas están cerradas al uso público, y son de uso exclusivo para la investigación y conservación de especies biológicas en peligro de extinción.

Algunos LIG potenciales de la RNCD son: el valle de Nandoumary, las cascadas de Badiari, la Petit Cascade, la cascada de Segou y su valle, el valle de Condodji y el antiguo asentamiento de Pélel, o las discontinuidades geológicas. Los contactos entre formaciones tienen potencial didáctico, ya que evidencian largos periodos de no depósito y/o de erosión, e informan sobre la transición entre una formación y otra. En la RNCD los contactos a valorizar podrían ser el del zócalo birrimense con el supergrupo Segou-Madina Kouta y el del supergrupo Segou-Madina Kouta con el grupo Mauritánides (Youm *et al.*, 2018).

Para el análisis de los LIG presentados en este trabajo, no se ha realizado un inventario completo ni se han agotado las posibilidades de seleccionar nuevos lugares, sino que se ha puesto en valor la geología de los puntos de interés turístico previamente establecidos con otros criterios. Sería interesante hacer una evaluación de otras zonas de la reserva para completar el inventario de lugares de interés geológico y aumentar el conocimiento sobre el patrimonio geológico y natural de esta región. Asimismo, se pueden evaluar las zonas protegidas para que, en caso de que cambie el régimen de protección, se pueda mejorar la gestión turística de las mismas.

El geoturismo está cada vez más considerado en la planificación del uso público de los espacios naturales protegidos. Así, la gran riqueza geológica de la RNCD aporta otro valor más a la reserva, atrayendo a un público diferente. Para una mejor experiencia turística, los guías turísticos locales se encargan de explicar curiosidades sobre la fauna, la flora, la cultura, o el paisaje. En el transcurso de ejecución del proyecto en el que se encuadra este trabajo, se rea-



**Fig. 12.-** Ejemplos de paneles para la gestión de los LIG en la RNCD. A) normas implantadas para las áreas de reserva integral; B) guía divulgativa sobre la geología de la reserva; C) colocación de panel didáctico con información sobre la ruta.

lizó una sesión de formación que asentaron las bases del conocimiento sobre las características geológicas de la reserva, aplicado al patrimonio geológico de los lugares más visitados turísticamente.

De cara al futuro, una prolongación en el tiempo y profundización en esta materia podrían afianzar estos conocimientos y darían la capacidad de realizar explicaciones más detalladas de las características de la RNCD. Lo que sería concordante con el proyecto llevado a cabo por el Ministerio de Geología y Minas de Senegal de comenzar una Red Nacional de Geoparques y su propuesta de calificar Dindéfelo como Geoparque piloto.

Existe una falta de infraestructuras en ciertos lugares de interés potencial. En consecuencia, el turismo se concentra en Dindéfelo, Dande y Thiabe Care, donde la capacidad de carga de turistas es mayor (criterio densidad de población). Esto hace que el desarrollo de los pueblos más aislados sea complicado, ya que el turista invierte solo en lugares con infraestructura, donde sea posible comunicarse en francés, y pueda hospedarse con comodidad.

Los accesos a ciertos LIG son complicados, como los puntos de interés sobre el *plateau*. El ascenso a la meseta presenta una pendiente importante en las rutas peatonales, y las rutas con posibilidad de ascenso en vehículo (generalmente en moto), no cumplen ningún estándar de seguridad vial, no están asfaltadas y están cubiertas de coluviones.

A pesar del respaldo jurídico de la RNCD, las directivas y reglamentos definidos en el Plan de Gestión, que otorgan protección a la reserva, no siempre se aplican. No hay un plan de seguimiento real del cumplimiento de las reglas establecidas para los lugares turísticos, además de la presión que ejerce la sobrepoblación sobre éstos durante los fines de semana, vacaciones y fiestas locales, acentuadas por la inminente apertura de una ruta asfaltada para acceder a la zona.

Una alta diversidad geológica no implica que los elementos que la constituyen formen parte del patrimonio geológico (Carcavilla *et al.*, 2008). Sin embargo, este trabajo muestra que la RNCD presenta un rico patrimonio geológico, representativo de los eventos geológicos ocurridos durante 1.800 Ma de historia geológica del Oeste Africano. Esto se debe, entre otras razones, a la existencia de una diversidad geológica regional y local considerable.

Los elementos geológicos constituyentes de esta diversidad geológica presentan un elevado interés didáctico y científico, como lo demuestran las estancias de alumnos universitarios de varias universidades para la realización de las prácticas de campo de geología sedimentaria (Youm *et al.*, 2018). La RNCD acoge cada año a investigadores en la zona, y se han realizado numerosos trabajos académicos en diferentes zonas de la región de Kédougou (tesis, trabajos fin de máster/grado, informes, etc.). Los valores pedagógico y científico se relacionan estrechamente con la biodiversidad y la cultura, nexo necesario para Brilha (2016) en la consideración del patrimonio geológico.

## Conclusiones

La RNCD presenta numerosos puntos fuertes en rela-

ción con el ecoturismo, concretamente, dentro de la rama del geoturismo. En relación con el estudio del patrimonio geológico de la zona: a) se proponen los 5 puntos principales de interés turístico de la RNCD como lugares de interés geológico, tanto por sus cualidades intrínsecas, como extrínsecas; b) los LIG seleccionados son representativos de los eventos geológicos ocurridos en el cratón durante el Proterozoico; c) el desarrollo de una normativa específica para la gestión y conservación de los LIG de la reserva es necesaria; y d) la investigación geológica debe continuar para seguir con el proceso de desarrollo del conocimiento sobre el patrimonio geológico de la RNCD, aún escaso.

Con respecto al futuro del geoturismo en la zona, se concluye que la formación a los guías en materia de geología ha permitido la introducción y apropiación de mucha información tanto de geología general, como específica de la historia geológica de la reserva. La cartelería puede seguir desarrollándose y está concebida como soporte visual de las explicaciones del guía local. Finalmente, los accesos tanto a la RNCD como a los LIG deben habilitarse, así como debe cuidarse la infraestructura logística para ofrecer un servicio adecuado a las expectativas del turista.

## Agradecimientos y financiación

El presente estudio ha sido financiado por el proyecto 2018UI004 de Formación de guías en ecoturismo en la Reserva Natural de Dindéfelo (Senegal), financiado por la AACID dirigido por Juan M. Domingo Santos. Gracias al equipo de Cooperación Internacional, al Dr. Francisco J. Marín Pageo (director de Cooperación) por desarrollar el proyecto que ha permitido realizar esta investigación y a la Dra. Reyes Alejano Monge que inició el primer proyecto en la zona. Al Dr. El Hadji Saw por sus aportaciones durante el proceso de divulgación y el programa de formación de guías, y a Mbemba Doumbouya, por su colaboración durante las campañas de campo. Los autores agradecen a los revisores Ángel Salazar Rincón y Enrique Díaz Martínez, por todos los valiosos comentarios y sugerencias que han enriquecido y ayudado a mejorar este artículo.

## Contribución de autores/as

Elaboración del trabajo, E.G.V. y J.A.M.; obtención de datos, E.G.V., C.I.Y., M.B. y J.A.M.; figuras, E.G.V. y J.A.M.; investigación/análisis, E.G.V., C.I.Y. y J.A.M.; revisión del manuscrito, C.I.Y., J.A.M., M.B. y J.M.D.S.; coordinación, C.I.Y. y J.A.M.; supervisión, M.B. y J.M.D.S.; obtención de financiación, J.M.D.S.

## Referencias

- Brilha, J., 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity. The European Association for Conservation of the Geological Heritage. *Geoheritage*, 8: 119-134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Carcavilla, L., 2012. *Geoconservación*. Madrid: IGME-Catarata.
- Carcavilla, L., Díaz Martínez, E., Erikstad, L., García Cortés, A., 2013. Valoración del patrimonio geológico en Europa.

- Boletín Paranaense De Geociencias, 70: 28-40.  
<https://doi.org/10.5380/geo.v70i0.31501>
- Carcavilla, L., Durán Valsero, J.J., López Martínez, J., 2008. Geodiversidad: Concepto y relación con el patrimonio geológico. VII Congreso Geológico De España, Geo-Temas 10: 1299-1303.
- Carcavilla, L., Durán Valsero, J.J., López Martínez, J., 2008. Patrimonio geológico y geodiversidad: Investigación, conservación y relación con los Espacios Naturales Protegidos. IGME, Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, Madrid: 360 p.
- Clauer, N., Deynoux, M., 1987. New information on the probable isotopic age of the late proterozoic glaciation in West Africa. Precambrian Research, 37: 89-94.  
[https://doi.org/10.1016/0301-9268\(87\)90072-6](https://doi.org/10.1016/0301-9268(87)90072-6)
- Dabo, M., Aifa, T., Baratoux, D., Diatta, F., Ndiaye, M., Van Lichtervelde, M., 2016. Guide d'excursion Picg638, 1er colloque du programme Picg638, Dakar, Senegal: 50.
- Davis, R.A., Dalrymple, Jr., Dalrymple, R.W., 2012. Principles of Tidal Sedimentology. Springer, 35.  
<https://doi.org/10.1007/978-94-007-0123-6>
- Deynoux, M., Düringer, P., Khatib, R., Villeneuve, M., 1993. Laterally and vertically accreted tidal deposits in the Upper Proterozoic Madina-Kouta Basin, South Eastern Senegal, West Africa. Sedimentary Geology, 84: 179-188.  
[https://doi.org/10.1016/0037-0738\(93\)90054-9](https://doi.org/10.1016/0037-0738(93)90054-9)
- Dóniz-Páez, F.J., Becerra Ramírez, R., Serrano Patón, M., Báez Hernández, M., 2020. Geodiversidad, geopatrimonio y geoturismo en los Espacios Naturales Protegidos del geoparque volcánico de El Hierro (Canarias, España). Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada, 60, 2: 52-71. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i2.15572>
- Farsani, N.T., Cohelo, C., Costa, C., 2010. Geotourism and geoparks as novel strategies for socio-economic development in rural areas. International Journal of Tourism Research, 13: 68-81. <https://doi.org/10.1002/jtr.800>
- James, N.P., 1984. Shallowing-upwards sequences in carbonates. Walker, R. G. Ed, Facies Models, Geosci. Can. Reprint, 1: 213-229.
- García-Cortés, A., Vegas, J., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., 2019. Bases conceptuales y metodología del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 106 p.
- Hilario, A., Carcavilla, L., Belmonte, A., 2017. Propuesta de standard metodológico para la elaboración de inventarios de lugares de interés geológico (LIG) en el caso la red global de geoparques. El caso del geoparque mundial de la unesco de costa vasca. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España. Cuadernos del Museo Geominero, 21: 103-108.
- Hose, T.A., Markovik, S.B., Komak, B., Zorn, M., 2011. Geotourism-A shot introduction. Acta geographica Slovenica, 51-2: 339-342. <https://doi.org/10.3986/AGS51301>
- Kone, J., 2015. Signification de l'héritage structural et métamorphique de la série métasédimentaire encaissant du pluton de granite de Saraya (Sénégal Oriental). (Craton Ouest Africain, 2.2 - 2.0 Ga): Implications géodynamiques. Mémoire de Master II: 44 p.
- Li, Z.X., Bogdanova, S.V., Collins, A.S., Davidson, A., De Waele, B., Ernst, R.E., Fitzsimons, I.C.W., Fuck, R.A., Gladkochub, D.P., Jacobs, J., Karlstrom, K.E., Lu, S., Natapov, L.M., Pease, V., Pisarevsky, S.A., Thrane, K., Vernikovskiy, V., 2008. Assembly, configuration and break up history of Rodinia: A Synthesis. Precambrian Research: 179-210.  
<https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.021>
- Miningou, Y.W.M., Affaton, P., Bamba, O., Lompo, M., 2015. Mise en évidence d'une triade glaciaire Néoproterozoïque et d'une molasse dans la région du Beli, bassin du Gourma, Nord-Est Burkina Faso. Journal des Sciences et Technologies: 65-80.
- Palacio Prieto, J.L., Rosado González, E.M., Martínez Miranda, G.M., 2018. Geoparques. Guía para formación de proyectos. Unam. Instituto de Geografía: 13-14.  
<https://doi.org/10.14350/gsexxi.tu.22>
- Palacio Prieto, J.L., Vázquez Selem, L., 2015. Geodiversidad y geopatrimonio, La naturaleza y su interacción con el ser humano, Cap. 6: 102-114.
- Sarr, R., 2007. Geologie des bassins sédimentaires du Sénégal. Informe inédito. Fst/Ucad. Université Cheikh Anta Diop. Faculté des Sciences et Techniques. Département de Géologie, 2014, 37 p.
- UICN, 2020. The UICN Red List of threatened species. Version 2020-2. <https://www.iucnredlist.org>
- Villeneuve, M., 1989. The geology of the Madina-Kouta basin (Guinea-Senegal) and its significance for the geodynamic evolution of the western part of the West African Craton during the upper Proterozoic period. Precambrian Research, 44: 305-322. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(89\)90050-8](https://doi.org/10.1016/0301-9268(89)90050-8)
- Wimbledon, W.A., Smith-Meyer, S., 2012. Geoheritage in Europe and its conservation, 405. Oslo: ProGEO.
- Youm, C.I., Errami, E., Sow, E., 2008. Neoproterozoic Dindéfelo waterfall geosite (DCNR, Bassari Country, Eastern Senegal): Biodiversity and geodiversity between conservation and valorisation. Journal Of Chemical, Biological and Physical Sciences, 8 (3): 197-224.

MANUSCRITO RECIBIDO: 17-2-2023

REVISIÓN RECIBIDA: 18-5-2023

ACEPTACIÓN DEL MANUSCRITO REVISADO: 2-6-2023