

RESEARCH ARTICLE

Maps of Industrial Rocks and Minerals of Angola: CARMINA Project. Products obtained and main results

Mapas de Rocas y Minerales Industriales de Angola: Proyecto CARMINA. Productos obtenidos y principales resultados

 Jorge Fernández¹,  Vitor Lisboa²,  Mario Iglesias-Martínez^{3,4},  Juan Carlos Gumiel⁵,
 María del Carmen Fera^{3,6},  Alain Francés²,  Enrique Merino-Martínez⁵,  José Manuel⁷,
 José Luis García-Lobón⁵

¹ Departamento de Recursos Geológicos para la Transición Ecológica, Centro Nacional Instituto Geológico y Minero de España, 33005 Oviedo, España

² Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Lisboa, Portugal

³ UTE-PLANAGEO (IGME/LNEG/Impulso), Parque Tecnológico de Asturias, parcela 13 A, 33428, Asturias, España

⁴ Mineral Resources, CSIRO, 26 Dick Perry Avenue, Kensington, Western Australia 6151

⁵ Instituto Geológico y Minero de España (IGME), CSIC, c/Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España

⁶ Sistemas Avanzados de Tecnología, S.A (SATEC), Av. Europa, 34 A, 28023, Madrid, España

⁷ Instituto Geológico de Angola (IGEO), Centralidade do Kilamba, Rua Nr, Luanda (Angola)

Corresponding author: j.fernandez@igme.es (Jorge Fernández Suárez)

Key points:

Research and
characterization of
industrial rocks and
minerals and natural
stone in Angola.

Production of geological-
mining cartography of
industrial rocks and
minerals.

Mineral deposits in
Angola (Africa).

ABSTRACT

Recognizing the pivotal role of the sector in the socioeconomic development of the nation, the Government of the Republic of Angola has actively endorsed the establishment of a geological-mining cartography. This initiative, employing modern methodologies, is a fundamental tool for strategically planning mineral resource exploitation. The outcomes of this initiative underscore the remarkable diversity of substances and the considerable significance of the studied deposits. In the domain of Industrial Rocks and Minerals, specifically within the CARMINA subprogram, a comprehensive compilation of 30 geological-mining maps has been generated. These maps delineate Areas of Mining Potential, and are accompanied by corresponding reports that encapsulate the research findings and technical-analytical outcomes of the investigated regions. The undertaken efforts have unveiled the substantial potential for Natural Stone, featuring novel varieties of granites, marbles, and “exotic” rocks such as amazonites, sodalites, pegmatites, and carbonatites. The last referred rock types are particularly interesting since they serve as sources for industrial rocks and minerals, encompassing valuable resources like lithium and Rare Earths. Thus, these resources exhibit promising prospects in the context of the energy transition. Additionally, noteworthy deposits include high-purity quartz in Equimina region, feldspars in Giraúl area, kaolins and clays within the Cunene Anorthositic Complex. The systematic creation of mineral resource maps, along with the associated research, contributes to the provision of up-to-date information regarding the geological-mining potential of the studied territory.

Keywords: Angola; Natural Stone; Mineral resources; Industrial minerals; CARMINA.

Article History:

Received: 15/01/2024

Accepted: 05/03/2025

Published: 09/04/2026

Puntos clave:

Investigación y
caracterización de rocas
y minerales industriales
y roca ornamental en
Angola.

Producción de
cartografía geológico-
minera de rocas y
minerales industriales.

Yacimientos mineros en
Angola (África).

RESUMEN

El Gobierno de la República de Angola, consciente de la importancia de este sector en el desarrollo socioeconómico de su territorio, evitando la dependencia de la minería metálica, energética y diamantífera, ha promovido la realización de una cartografía geológico-minera, con una metodología moderna, como aportación básica a la planificación de la explotación y aprovechamiento de los recursos minerales. Los resultados obtenidos en este proyecto ponen de manifiesto la enorme variedad de sustancias y la gran importancia de algunos de los yacimientos estudiados. En el ámbito de las Rocas y Minerales Industriales (subprograma CARMINA) se han elaborado un total de 30 mapas geológico-mineros, definiendo Áreas de Potencialidad Minera, con unas memorias asociadas que recogen las investigaciones y resultados técnico-analíticos del área de estudio. Los trabajos han puesto de manifiesto el formidable potencial de la Piedra Natural, con nuevas variedades de granitos, mármoles y rocas “exóticas” como amazonitas, sodalitas, pegmatitas y carbonatitas. Estas últimas rocas suponen, además, fuentes de rocas y minerales industriales, entre las que se encuentra el litio y las Tierras Raras, con una gran proyección futura en la transición ecológica. A estas rocas hay

que añadir los importantes depósitos de cuarzo de alta pureza de Equimina, los feldespatos de Giraúl y los caolines y arcillas del Complejo Anortosítico del Cunene. La creación de los mapas de recursos minerales, y la investigación asociada, aporta una información actualizada de la situación y potencialidad geológico-minera del territorio.

Palabras clave: Angola; Piedra Natural; Recursos Minerales; Minerales industriales; CARMINA.

Historial del artículo:

Recibido: 15/01/2024

Aceptado: 05/03/2025

Published: 09/04/2026

Citation / Cómo citar este artículo: Fernández, J., Lisboa, V., Iglesias-Martínez, M., Gumiel, J.C., Fera, M.C., Francés, A., Merino-Martínez, E., Manuel, J., García-Lobón, J.L. (2025). Maps of Industrial Rocks and Minerals of Angola: CARMINA Project. Products obtained and main results. *Boletín Geológico y Minero*, 136(2), 001. <http://dx.doi.org/10.21701/bolgeomin/136.2/001>

1. Introducción

El Instituto Geológico Minero de España (CN IGME-CSIC), el Laboratorio Nacional de Energía y Geología (LNEG) de Portugal y la empresa Impulso Industrial Alternativo (IIA), representados conjuntamente en el consorcio UTE-PLANAGEO, han ejecutado un ambicioso proyecto de investigación geológico-minera de Angola enmarcada del proyecto del Plan Nacional de Geología (PLANAGEO).

El objetivo principal es dotar al país de una herramienta moderna de reconocimiento geológico para la planificación e investigación de los recursos naturales. Teniendo en cuenta la desfasada e incompleta información geológico-minera existente en el país, unida a la aplicación de nuevas técnicas de investigación geológica (geofísica, geoquímica, geocronología, etc.), el avance supone poner al país en la vanguardia del conocimiento científico para el aprovechamiento de sus recursos.

La creación de los mapas de recursos minerales, y la investigación asociada, aporta una información actualizada de la situación y potencialidad geológico-minera del territorio.

El Consorcio (IGME-LNEG-IIA) puso en marcha el proyecto CARMINA (Cartas de Rocas y Minerales Industriales de Angola), enmarcado dentro del proyecto PLANAGEO.

Las rocas y minerales industriales forman parte de un importante sector económico en cuanto al volumen de recursos producidos, con una gran capacidad de generación de beneficios sociales y una repercusión fundamental sobre sectores como el inmobiliario, las redes de transporte y comunicación, las obras hidráulicas, la industria química en general y, en definitiva, las infraestructuras que soportan el desarrollo económico y social de un país. De este modo, las rocas y minerales industriales se han convertido en un pilar básico para la sociedad actual, fundamentales tanto para su desarrollo futuro como para su mantenimiento presente, siendo claves para el desarrollo económico de los países, teniendo en cuenta, además, la multiplicidad de usos en las distintas industrias.

Dichos usos son cada vez más amplios y se encuentran en una constante evolución, debido tanto a la mejora de los procesos industriales como a las exigencias de la demanda de los condicionamientos industriales.

Las rocas y minerales industriales se han convertido, debido a su alto grado de utilización por parte de la industria, en un soporte fundamental de la economía de muchos países y en una necesidad para seguir manteniendo el bienestar de la sociedad actual, ya que están presentes en prácticamente todos los aspectos de la vida cotidiana.

Angola es un país geológicamente muy variado, con una importante riqueza geológico-minera, cuya minería ha estado centrada, en las últimas décadas, en los hidrocarburos, la minería metálica y la industria diamantífera. El Gobierno de Angola, consciente de la necesidad de una diversificación de las entradas de divisas en el país, apostó fuertemente por la investigación de las rocas y minerales industriales y su puesta en valor, para que en el futuro su aprovechamiento produzca el desarrollo económico y social de las zonas más deprimidas del Suroeste, concretamente en las provincias de Cunene, Huila y Namibe.

Los resultados obtenidos en este proyecto ponen de manifiesto la enorme variedad de sustancias y la gran importancia de algunos de los yacimientos estudiados. Para la mayoría de las sustancias investigadas existen importantes volúmenes de recursos geológicos, siendo las reservas, en general, suficientes para un desarrollo a largo plazo.

Se establecen los mapas de Angola de rocas y minerales industriales a escala 1:50.000 como un mapa geológico-minero en el que se sintetiza, para el ámbito territorial considerado, el estado actual del conocimiento de la minería de rocas y minerales industriales y su potencialidad, con los siguientes objetivos:

- Conocer la realidad actual de las rocas y minerales industriales
- Relanzar y dinamizar el sector minero nacional;
- Mejorar el conocimiento geológico-minero y el potencial de los recursos de rocas y minerales industriales del territorio nacional;
- Garantizar el desarrollo sostenible del país a través, de entre otras acciones, del aumento de la contribución del sector de la minería de las rocas y minerales industriales.

Con este trabajo se pretende, profundizar en la situación actual del sector, realizando un exhaustivo repaso por todas las rocas y minerales industriales explotadas en la actualidad o en el pasado, la tipología de los yacimientos donde se localizan dichas sustancias, una descripción de cómo se realiza la minería actual de los materiales, los usos principales a los que se destinan, etc., reflejando esta información en un mapa de rocas y minerales industriales que permita mejorar el conocimiento y aprovechamiento minero de los mismos y tenga aplicación en la ordenación territorial.

2. Metodología

Un trabajo de tal envergadura supone la aplicación de una metodología de trabajo que abarque todos los estadios del proyecto, desde el planteamiento de las propias rocas y minerales industriales hasta los productos finales. La experiencia desarrollada a lo largo de los años por los Servicios Geológicos de Portugal (LNEG) y España (CN IGME-CSIC) permitió el desarrollo de unas Especificaciones Técnicas encaminadas a al conocimiento y caracterización de las rocas y minerales industriales.

Una vez establecido el objetivo de estudio, la metodología de trabajo para la elaboración de los mapas de rocas y minerales industriales de Angola y sus correspondientes memorias, así como la base de datos asociada, queda esquematizada en la Figura 1, consistente en varias fases consecutivas.

Con esta secuencia lógica de trabajo se plantea la necesidad de establecer una serie de hitos en varias fases intermedias a medida que el proyecto avance. Se establece, por tanto:

- Entregable 1º: Relatorios Previos de Diagnóstico.
- Entregable 2º: Memoria de actividades después de la campaña de campo y entrega de muestras.
- Entregable 3º: Memoria y mapa provisional.
- Entregable 4º: Memoria y mapa final e información total generada.

A tal fin, el trabajo se ha estructurado de modo que pueda dar respuesta a los siguientes puntos: la preparación de una síntesis geológica de la zona de estudio, la recopilación de la información geológico-minera básica, la exposición de las características destacadas de los yacimientos e indicios mineros conocidos y descripción de las principales explotaciones en producción y los análisis sectoriales de las producciones y principales sectores de uso.

3. Productos obtenidos

Tras los trabajos de campo realizados en las 30 hojas cartográficas del proyecto CARMINA, y su posterior procesado, se ha conseguido elaborar tres productos destinados a la investigación y evaluación del potencial de las rocas y minerales industriales en Angola. Estos son la base de datos, las memorias y las cartografías geológico-mineras.

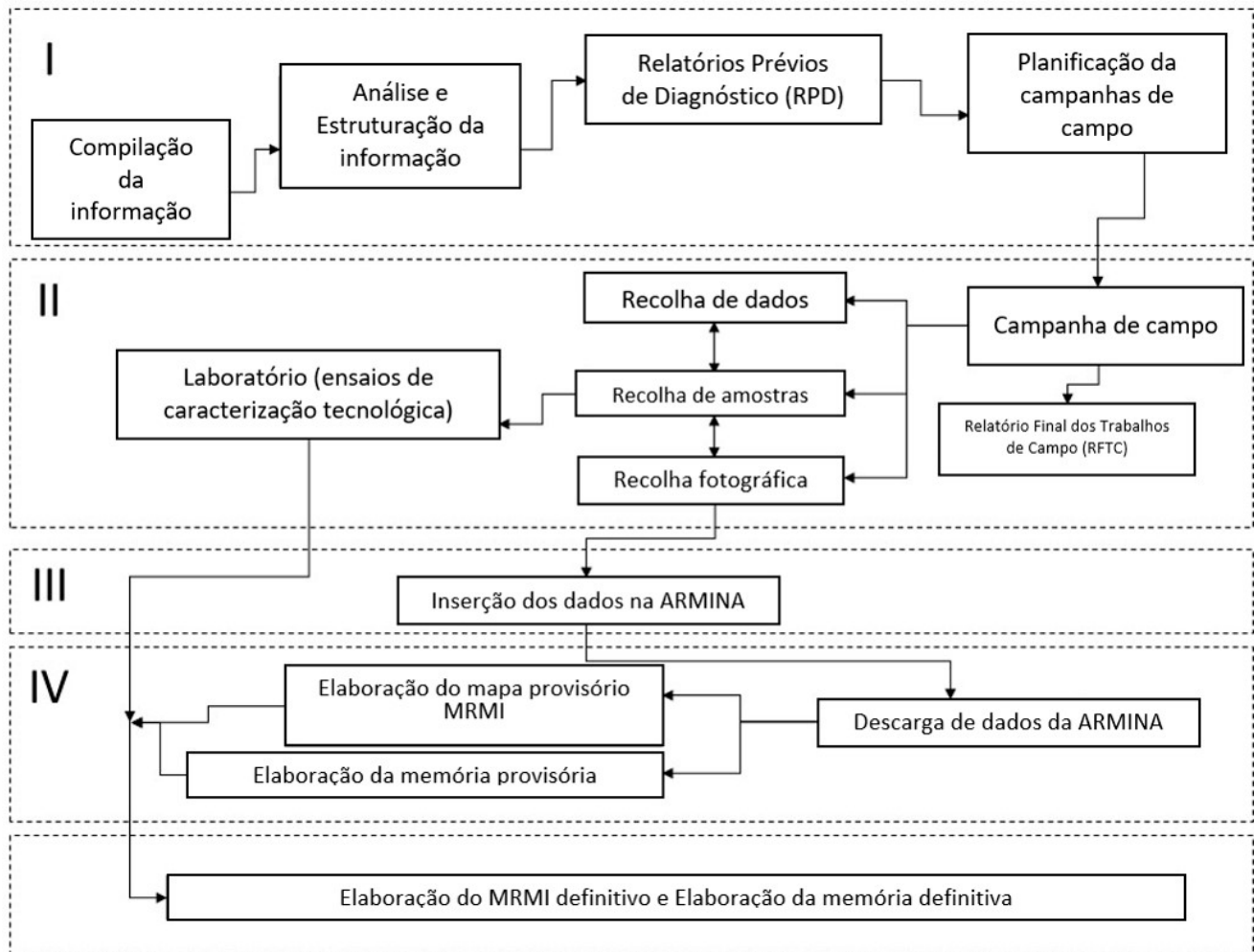


Figura 1. Esquema metodológico de trabajo para la realización de los mapas de rocas y minerales industriales de Angola.

Figure 1. Methodological work scheme for the creation of industrial rocks and minerals maps of Angola.

La Base de Datos de Recursos Minerales, denominada Archivo de Rocas y Minerales Industriales de Angola (ARMINA) integra la información geológico-minera sobre indicios y explotaciones de rocas y minerales de manera que toda la información esté disponible de manera fácil. La base de datos se distribuye en 11 pestañas de carga y acceso a la información en una sencilla interfaz de visualización (Fig. 2):

- Localización: datos necesarios para el reconocimiento particular de cada uno de los puntos estudiados. Incluirá datos de índole geográfica para la precisa ubicación de los puntos estudiados;
- Exploración: recogerá datos de identificación de la estación desde el punto de vista de la legislación minera vigente, así como los datos técnicos que definen la explotación;
- Geología: datos geológicos de la estación, atendiendo a criterios estratigráficos, petrológicos, estructurales y de yacimiento;
- Economía: se recogerán los datos socioeconómicos y comerciales que caracterizan la explotación;
- Rocas ornamentales Granito: Apartado específico creado para la toma de información en potenciales yacimientos de rocas ornamentales en base a los parámetros técnicos más importantes en el estudio de este tipo de materiales;
- Rocas ornamentales Mármol: Apartado específico creado para la toma de información en potenciales yacimientos de rocas ornamentales en base a los parámetros técnicos más importantes en el estudio de este tipo de materiales;

- Otros datos: toda información escrita o gráfica, que aporte datos adicionales del punto estudiado;
- Agenda: Datos de contacto con la dirección facultativa y la titularidad de la empresa explotadora y de los derechos de explotación;
- Bibliografía: Referencias bibliográficas sobre la minería y/o geología del entorno del yacimiento;
- Fotos: Archivo fotográfico de la explotación, el yacimiento y la sustancia de interés minero;
- Análisis y ensayos: Apartado en el que se plasman la totalidad de los ensayos, con indicación de los más importantes, para cada uno de destinos principales, en el que se hagan las propuestas de caracterización.

The figure displays two screenshots of the ARMINA web application interface, which is titled 'ARMINA ARQUIVO DE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS DE ANGOLA'.

The top screenshot shows the 'Formulario de entrada' (Data Entry Form). It includes fields for 'Localização' (Location), 'Exploração' (Exploration), 'Geologia' (Geology), 'Economia' (Economy), 'Rochas Ornamentais' (Ornamental Rocks), 'Granitos' (Granites), 'Rochas Ornamentais' (Ornamental Rocks), 'Mármore' (Marble), 'Outros Dados' (Other Data), 'Agenda' (Calendar), 'Bibli' (Bibliography), 'Fotos' (Photos), and 'Análises e Ensaios' (Analyses and Tests). The form is divided into sections for 'Dados Gerais' (General Data), 'Dados de Exploração' (Exploration Data), 'Dados de Localização' (Location Data), 'Dados de Acesso' (Access Data), 'Dados de Produção' (Production Data), 'Dados de Análise' (Analysis Data), and 'Dados de Ensaio' (Test Data). It also includes a section for 'Observações' (Observations) and a gallery of images.

The bottom screenshot shows the 'Formulario de visualização' (Data Display Form). It includes fields for 'Localização' (Location), 'Exploração' (Exploration), 'Geologia' (Geology), 'Economia' (Economy), 'Rochas Ornamentais' (Ornamental Rocks), 'Granitos' (Granites), 'Rochas Ornamentais' (Ornamental Rocks), 'Mármore' (Marble), 'Outros Dados' (Other Data), 'Agenda' (Calendar), 'Bibli' (Bibliography), 'Fotos' (Photos), and 'Análises e Ensaios' (Analyses and Tests). The form is divided into sections for 'Dados Gerais' (General Data), 'Dados de Exploração' (Exploration Data), 'Dados de Localização' (Location Data), 'Dados de Acesso' (Access Data), 'Dados de Produção' (Production Data), 'Dados de Análise' (Analysis Data), and 'Dados de Ensaio' (Test Data). It also includes a section for 'Observações' (Observations) and a gallery of images.

Figura 2. Formulario de entrada y visualización de datos en el ARMINA.

Figure 2. Data entry and display form in ARMINA.

La organización de grandes volúmenes de información geológico-minera en una base de datos como ARMINA ha permitido, en primer lugar, disponer de toda la información sobre recursos de rocas y minerales industriales estructurada y en el formato conveniente. Así, se han podido emplear herramientas de procesamiento y representación, como visualización en tiempo real en entorno SIG, que han supuesto una optimización en el proceso de modelización, que redundaba en una mejor comprensión de la geología para uso en minería y un ahorro en tiempo a la hora del acceso a la información.

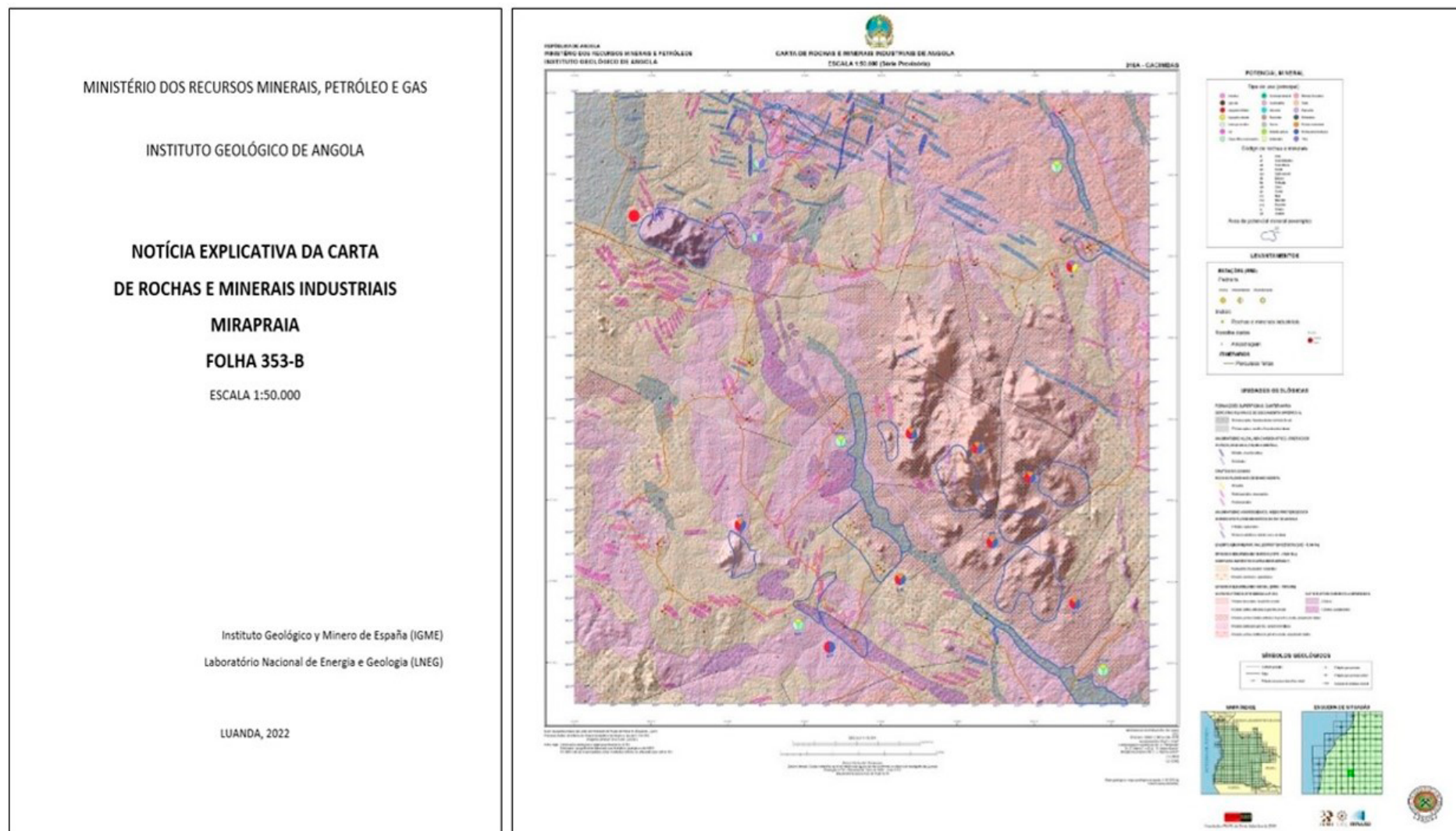


Figura 3. Portada de la memoria explicativa y mapa geológico-minero de la serie cartográfica CARMINA.

Figure 3. Explanatory report cover and geological-mining map of the CARMINA mapping series.



Figura 4. Cantera de explotación de anortositas “Negro Angola” en Huila.

Figure 4. “Negro Angola” anorthosite exploitation quarry in Huila.

Este volcado de datos y las posteriores revisiones y correcciones han permitido la realización de los diferentes mapas de rocas y minerales industriales. Asimismo, se han elaborado la correspondiente memoria de resultados y los anexos oportunos.

Con idea de ofrecer una visión actual y moderna de las rocas y minerales industriales explotados en estas zonas de Angola, así como de los explotadores, los materiales y de sus usos, se han elaborado las memorias (Fig. 3), donde se recoge un inventario pormenorizado de este sector minero y se realiza un análisis minero-industrial del mismo en el ámbito geográfico de cada una de ellas.

El contenido del libro está estructurado en una serie de capítulos. El primero, Introducción y antecedentes, aborda cuestiones generales relativas a las rocas y minerales industriales, el encuadre físico de cada una de las mismas, unos detallados antecedentes de investigaciones anteriores relacionadas con la temática y la metodología empleada para alcanzar los objetivos propuestos.

En el capítulo segundo, Encuadre geológico, se sintetiza la información sobre los límites geológicos de cada uno de los mapas, los dominios geológico-estructurales que la conforman y su estratigrafía (Chamizo-Borreguero & Buzzi, 2021; Escuder-Virue et al., 2021a, b; Gutiérrez-Medina, et al., 2021; Merino Martínez et al., 2021; Merino Martínez & Goicoechea, 2021)

En el capítulo tercero, Descripción de las explotaciones e indicios de rocas y minerales industriales, se hace un exhaustivo análisis de todas las sustancias explotadas en la zona de estudio, ya sea actualmente o en el pasado, y de las sustancias potencialmente explotables. Para ello se realiza una descripción pormenorizada de las unidades litológicas donde aparecen más frecuentemente y se enumeran, describen y caracterizan las explotaciones activas, las explotaciones abandonadas y los indicios de cada sustancia referenciada.

En el cuarto capítulo, Valoración minero-industrial, se analizan los principales sectores industriales a los que se destina la producción de las sustancias explotadas y se cuantifica sectorialmente dicha producción.

El capítulo quinto, Conclusiones y recomendaciones, se dedica a analizar cuidadosamente los resultados obtenidos en las investigaciones de campo y laboratorio, así como a establecer una serie de sugerencias a la hora enfocar las futuras investigaciones y las zonas de mayor potencia de yacimientos minerales.

En el sexto y último capítulo, Bibliografía, se listan las referencias bibliográficas citadas en el texto, así como páginas web relacionadas.

Se ha incluido, además, unos Anexos, que contiene el listado de explotaciones e indicios y de usos y sectores de consumo de cada una de las sustancias.

Como tercer pilar para la investigación minera de Angola, se han elaborado las cartografías de las 30 hojas a escala 1:50.000 (Fig. 3), que reflejan la distribución espacial de yacimientos y explotaciones de rocas y minerales industriales sobre una base geológica simplificada y adecuada a los objetivos del mapa de rocas y minerales industriales (MRMI). Los yacimientos y explotaciones se representan mediante una simbología que recoge la utilización del recurso, el estado del yacimiento y el tamaño del mismo. Las sustancias detectadas o explotadas se señalan mediante una abreviatura. Cada yacimiento y explotación tiene un número de identificación que permite la localización de la ficha de datos correspondiente. Las unidades cartográficas se diferencian por tramas de distintos patrones y colores.

Las Áreas de Potencialidad Minera (APM) indicadas en el MRMI son áreas con interés minero predecible y pueden proporcionar investigaciones más detalladas. La base para su demarcación fue la existencia en una determinada unidad o facies geológica, intrusión, dique, etc., de signos y/o actividad extractiva actual o pasada de potencial interés, incluidos trabajos de prospección, encaminados a la exploración de roca ornamental o minerales industriales. Corresponden por tanto a zonas que, por su geología y ubicación, pueden albergar zonas potencialmente interesantes para los materiales en cuestión.

Poner en valor este tipo de cuestiones para “maximizar la actividad económica y el empleo”, en especial en zonas rurales, es fundamental para el desarrollo y la diversificación de la entrada de ingresos de un país.

Estos mapas se constituyen como un inventario de las explotaciones, tanto activas como inactivas, y los indicios y afloramientos de rocas y minerales industriales, todos ellos determinados con su simbología, para así diferenciar los tipos de explotaciones existentes, el estado de la actividad y las sustancias y usos que tienen cada una de ellas.

Toda la información, además de servir para la evaluación de nuevos yacimientos, reevaluación de explotación de canteras abandonadas, también podrá utilizarse en la ordenación territorial, en concreto en espacios naturales o materias relacionadas con el urbanismo. La ordenación y planificación, en ocasiones, interfiere con intereses mineros y cuanto más y mejor se conozcan los depósitos minerales, mejor se podrá hacer la ordenación de todos los recursos naturales de rocas ornamentales y rocas y minerales industriales.

4. Las rocas ornamentales

La gran cantidad de piedra natural aflorante en las zonas de estudio ha revelado la amplia variedad de litologías, algunas ya con amplio bagaje en su explotación, como los mármoles y granitos, y el enorme potencial económico, además de buenas condiciones técnicas para su uso.

De las numerosas rocas ornamentales que aparecen en Angola, las anortositas (“granitos negros”) y los granitos rojos asociados, que se encuentran en áreas del Complejo Anortosítico de Cunene (SO de Angola) son sin duda las más conocidas y con mayor potencial minero y económico. Las investigaciones cartográficas previas han puesto de manifiesto la existencia de unas grandes masas de estas rocas por debajo de las arenas del Kalahari, duplicando la extensión conocida de las mismas. Por otro lado, los resultados del estudio de campo en una zona de la provincia de Huila (Fig. 4), los análisis y ensayos realizados a muestras recolectadas revelan que las anortositas son piedras ornamentales de alta calidad para uso interior o exterior, concretamente para pavimentos, revestimientos y recubrimiento. Las anortositas investigadas se presentan en litotipos variados, en términos de textura, mineralogía y color, lo cual es generalmente el factor más diferenciador.

Los granitos rojos fueron estudiados en dos zonas del complejo revelando calidad ornamental pero el potencial es bajo debido a alteraciones, elevada densidad de fracturas y fallas frecuentes. Por otra parte, se refleja la existencia de nuevas variedades y texturas de granitos, cuyos resultados a los ensayos han permitido valorar positivamente nuevos yacimientos, como granito equigranulares,

rapakivi, antirapakivi, granitos de Monte Belo o de Lucira, así como otros más conocidos como los de Caraculo o Asunção, que suponen una oportunidad de aprovechamiento de la roca ornamental del Sur de Angola.

En el campo de los mármoles, la identificación de nuevas masas desconocidas abre la posibilidad a la obtención de nuevas variedades y coloraciones que amplíen la variada gama comercial, como la reciente puesta en funcionamiento de varias canteras en la zona de Canhime (Fig. 5A). Señalar también, dentro del campo comercial de los mármoles, la existencia de importantes indicios de la existencia de amazonitas (Fig. 5B) y sodalitas, cuya génesis y condicionantes están en estudio todavía, por la importancia que pueden suponer a nivel mundial.

Se han valorado las características de una serie de rocas menos comunes, rocas más “exóticas”, que pueden tener una buena acogida en el mercado internacional a la vista de las nuevas tendencias actuales. Se trata de sienitas nefelínicas (Fig. 5C) y carbonatitas (alvikitas y sovitas), ijolitas (Fig. 5D) y rocas de afinidad carbonatítica, masivos y homogéneos, con tonalidades grises, verdosas y rojizas, que son raros en la naturaleza y por tanto con alto valor económico, de los Complejos Volcánicos de Tchivira y Bonga, y especialmente los depósitos de la Serra da Neve, un conjunto de rocas alcalinas e hiperalcalinas con una enorme diversidad litológica, que tiene aproximadamente 45 Km de longitud por 20 Km de anchura, lo que demuestra su gran potencial para la exploración.

Las pegmatitas del Campo Pegmatítico de Giraúl supone una notable anomalía en la geología del sur de Angola desde el punto de vista de la roca ornamental, con zonas sin fracturación y texturas gráficas, con amplias posibilidades de estudio minucioso para su puesta en valor, al tiempo que su explotación sirva para la obtención de rocas y minerales industriales.

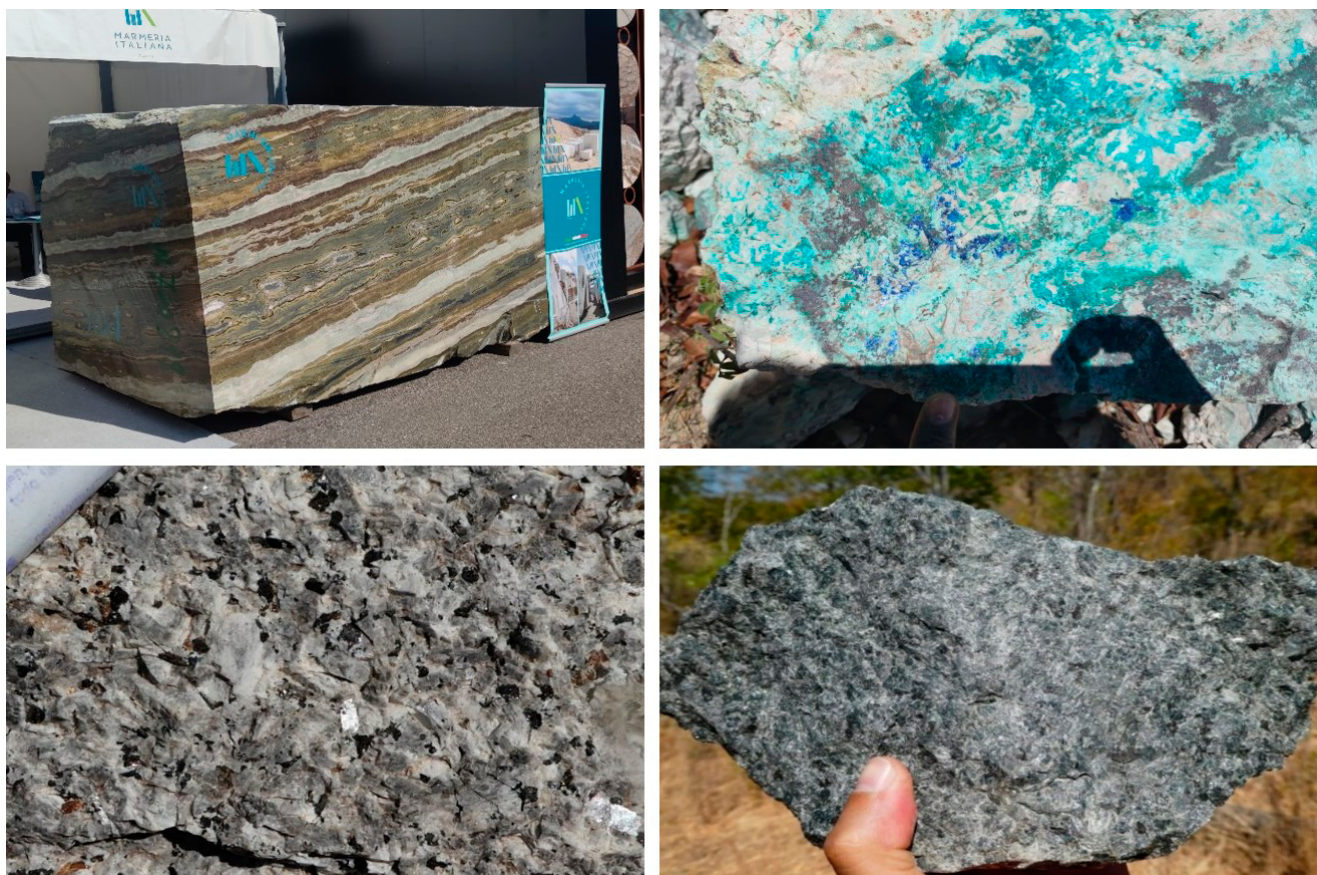


Figura 5. A- Bloque de mármol de Canhime. B- Afloramiento de amazonita. C- Muestra de sienito nefelínico. D- Muestra de ijolito.

Figure 5. A- Canhime marble block. B- Amazonite outcrop. C- Sample of nepheline syenite. D- Sample of ijolite.

5. Las rocas y minerales industriales

El Campo de Pegmatitas de Giraúl, constituye un conjunto filoniano ubicado en los metasedimentos del Grupo Namibe. Las pegmatitas se distribuyen en una banda que se extiende en dirección WNW-ESE a lo largo de unos 20 km de longitud y 8 km de ancho, aproximadamente centrada en la cuenca del río Giraúl. Estas pegmatitas tienen una composición granítica y aparecen espacialmente relacionadas con intrusiones de granitos y leucogranitos foliados con biotita y dos micas (biotita y moscovita), a veces con granate, de la Suite de Magmatismo Ácido (Fig. 6A). La importancia de las numerosas pegmatitas que afloran está en las posibilidades de explotación para, además de rocas ornamentales, la obtención de litio, feldespato, columbita-tantalita, cuarzo, micas e incluso turmalinas de calidad gemológica.

Los estudios realizados en este campo, ampliados con la reciente realización de campañas gravimétricas y de sondeos, han puesto de manifiesto la existencia de grandes depósitos de litio en forma de espodumena (Fig. 6B) y lepidolita, que están siendo valoradas para su aprovechamiento económico por empresas privadas.

Además de rocas ornamentales exóticas, las rocas alcalinas e hiperalcalinas de los complejos carbonatíticos representan un ambiente geológico favorable para la prospección de REE y fosfatos (P₂O₅), además de otro gran número de sustancias de alto interés como elementos incompatibles (Y, Nb, Ta, Ba, Th, U, F), zonas hidrotermalizadas con fluorita, apatito y una gran diversidad de fosfatos de Ba, Sr, Sc e REE.

Los cuarzos son uno de los productos con mayor interés y proyección internacional debido a sus múltiples usos en la industria. En las zonas estudiadas se ha puesto de manifiesto la existencia de importantes depósitos, en especial en la zona de Equimina-Dombe Grande, donde los afloramientos de cuarzo, en forma de diques, vetas y también en forma de intrusiones tipo sill, que intruyó como parte del evento filoniano de ácido mesoproterozoico. Aunque las vetas tienen espesores cortos y longitudes pequeñas o poco definidas, la presencia constante de pequeñas vetas de cuarzo pegmatita, con cristales lechosos (blancos) a hialinos (transparentes), denota un alto potencial de esta materia prima como recurso mineral en esta zona (Fig. 7). Otras zonas de interés se encuentran en el área de Virey y Canhimei, además de las anteriormente citadas asociadas a los depósitos pegmatíticos.

A todas estas sustancias hay que añadir los extensos depósitos de yesos de la formación Bambata (Aptiense), que consta de tres unidades litológicamente distintas, con un carácter diagenético del yeso en las unidades basal y superior, mientras que la unidad intermedia es depositacional. Desde el punto de vista del volumen explotable y la pureza de los materiales yesíferos, resultan interesantes la unidad basal de esta formación y la parte más alta de la unidad superior.

Señalar también la presencia de otros minerales con interés industrial como las arcillas rojas, importantes para el desarrollo urbanístico del país, o las arcillas caoliníferas asociadas a rocas básicas del CAC, donde los análisis realizados en yacimientos de esta zona corroboran la idoneidad de estos caolines para diversos usos industriales. Desde el punto de vista de la composición, en el caolín CAC solo el contenido de Ca es significativamente mayor en comparación con el caolín que se origina en rocas feldespáticas intermedias o ácidas.

También los diamantes tienen protagonismo en la zona de trabajo del proyecto PLANAGEO, donde aparece rocas kimberlíticas del “Volcanic Belt” de Angola, depósitos sedimentarios del Mesozoico (Fms. Calonda y Luangundo) y sedimentos aluviales y depósitos fluvio-lagunares.

6. Conclusiones

La Autoridad Minera Angolana y el IGEO disponen en la actualidad de una moderna base de datos, una detallada cartografía y unas pormenorizadas memorias descriptivas que presentan la información de manera homogénea, para facilitar el acceso a los resultados de las investigaciones y promover futuros estudios mineros basados en información científica, y suministrar una herramienta útil para la explotación del conocimiento minero por parte de distintas instancias, tanto públicas como privadas, aplicándola a la investigación y planificación del aprovechamiento de los recursos mineros y a la ordenación del territorio, de cara a un mayor desarrollo sostenible del marco natural del territorio donde se desarrolla.



Figura 6. A- Afloramiento de un cuerpo pegmatítico en la zona de Giraúl. B- Detalle de un gran cristal de espodumena dentro de las pegmatitas.

Figure 6. A- Outcrop of a pegmatitic body in the Giraúl area. B- Detail of a large spodumene crystal within the pegmatites.



Figura 7. Acumulación de bloques y cantos de cuarzo en la zona de Equimina.

Figure 7. Accumulation of quartz blocks and gravel in the Equimina area.

Toda esta información pone de manifiesto la enorme variedad de sustancias y la gran importancia de algunos de los yacimientos estudiados, tanto en el ámbito de piedra natural como de las rocas y minerales industriales. La punta de lanza de la roca ornamental angolana, el “Negro Angola”, ha visto duplicada la extensión de sus afloramientos, mientras que nuevas rocas han sido estudiadas y puestas en valor con gran éxito, en especial las “piedras exóticas”. En el ámbito de las rocas y minerales industriales los extensos depósitos asociados al Campo Pegmatítico de Giraúl y a los macizos carbonatíticos, suponen una importante oportunidad para el país a hora de posicionarse a nivel internacional como referente en la producción de sustancias imprescindibles para la transición energética.

Agradecimientos

El Proyecto CARMINA forma parte del Plan Geológico Nacional de Angola (PLANAGEO), realizado bajo el apoyo del Gobierno de la República de Angola, desarrollado conjuntamente con el Servicio Geológico de Angola (IGEO). Nuestro mayor agradecimiento al personal local y las autoridades y empresas mineras del sur de Angola por las facilidades de acceso a la información de sus yacimientos y concesiones, así como a la empresa Impulso Industrial Alternativo.

Authorship contribution statement

J. Fernández Suárez: Writing - Original Draft, Investigation, Conceptualization, Methodology, Visualization, Supervision, Project administration, Formal analysis.

J. V. Lisboa: Writing - Original Draft, Investigation, Conceptualization, Methodology, Visualization, Supervision, Project administration.

M. Iglesias-Martínez: Investigation, Formal Analysis.

J.C. Gumiel: Investigation, Formal Analysis.

MariCarmen Feria: Data curation, Software.

A. Francés: Data curation, Software.

E. Merino: Supervision, Writing – review & editing.

J. Manuel: Funding acquisition, Writing – review & editing.

J.L. García: Project administration, Funding acquisition, Supervision, Writing – review & editing.

Referencias

- Chamizo-Borreguero, M., & Buzzi, J. (2021). Notícia Explicativa da Carta Geológica de Benguela. FOLHA 251 à Escala 1:100.000. Instituto Geológico de Angola. Ministério de Recursos Minerais e Petróleos. Luanda. 221 pp.
- Escuder-Virquete, J., Correia, J., & Quintana, L. (2021a). Notícia Explicativa da Carta Geológica de Namibe. FOLHA Sul D-33/S e Sul D-32/Z ESCALA 1:250.000. Instituto Geológico de Angola. Ministério de Recursos Minerais e Petróleos. Luanda. 197 pp.
- Escuder-Virquete, J., Potti, J., Quintana, L., & González, P. (2021b). Mapa e Notícia Explicativa da Carta Geológica de Oncócuá. FOLHA Sul E-33/B ESCALA 1:250.000. Instituto Geológico de Angola. Ministério dos Recursos Minerais e Petróleos. Luanda.
- Gutiérrez-Medina, M., Chamizo Borreguero, M., & Ponce Escudero, C. (2021). Notícia Explicativa da Carta Geológica de Munhino. FOLHA Sul D-33/M Escala 1:250.000. Instituto Geológico de Angola. Ministério de Recursos Minerais e Petróleos. Luanda. 140 pp.
- Merino Martínez, E., Chamizo Borreguero, M., & Chinchilla Benavides, D. (2021). Notícia Explicativa da Carta Geológica de Bocoio. FOLHA Sul D-33/C, ESCALA 1:250.000. Instituto Geológico de Angola. Ministério de Recursos Minerais e Petróleos. Luanda. 157 pp.
- Merino Martínez, E., & Goicoechea, P.P. (2021). Carta Geológica a escala 1:250.000 da Folha SUL-D33N, Lubango. Instituto Geológico de Angola. Ministério de Recursos Minerais e Petróleos. Luanda. 244 pp.