

Geo-Temas



Sociedad
Geológica
de
España

Volumen 20

XI Congreso Geológico de España



ÁVILA

2-6 DE JULIO 2024

XI Congreso Geológico
de España



El Mapa Metalogenético preliminar del Sur de Angola a escala 1:1.000.000.

The Metallogenetic Map of Southern Angola at 1:1.000.000 scale, a preliminary approach.

E. Merino-Martínez^{1*}, M.J. Batista², I. Martín-Méndez¹, D. de Oliveira², M.C. Feria³, C. Fortes², C. Prazeres², J. Buzzi-Marcos³, D. Chinchilla-Benavides¹, J.L. García-Lobón¹ y J. Manuel⁴

- 1 Instituto Geológico y Minero de España (IGME), CSIC, c/ Ríos Rosas 23, 28003, Madrid, España. * e.merino@igme.es
- 2 Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Estr. da Portela 999, Amadora, Portugal.
- 3 UTE-PLANAGEO (IGME/LNEG/Impulso), Parque tecnológico de Asturias, parcela 13 A, 33428, Asturias, España.
- 4 Instituto Geológico de Angola (IGEO), Centralidade do Kilamba, Rua Nr, Luanda, Angola.

Resumen: La República de Angola dispone de un amplio e interesante catálogo de mineralizaciones, según sus diversos entornos geológicos y geotectónicos, que cubren edades desde el arcaico superior hasta épocas más recientes. Esto hace de Angola una región de gran interés por su potencial en yacimientos minerales. Prueba de ello es el fruto de la exploración e importante actividad minera desarrollada a lo largo de las últimas décadas, que ha permitido el descubrimiento de importantes yacimientos de elementos de interés económico (p.ej., Fe, Au, Li, ETR, diamantes, etc.), algunos de los cuales se encuentran actualmente activos, abriendo nuevas expectativas mineras en la región. El presente Mapa Metalogenético del Sur de Angola a escala 1:1.000.000 fue elaborado como parte del programa de Cartografía Geológica del Plan Nacional de Geología de Angola (PLANAGEO, 2014-2022). Este mapa reagrupa y destaca la distribución de las concentraciones minerales, definiendo por primera vez las provincias metalogenéticas del sur de Angola, que son función directa de la relación entre la mineralización y las características geológicas de la región, y servirá de base para futuras investigaciones de exploración minera.

Palabras clave: Metalogenia, Recursos minerales, Provincias metalogenéticas, Angola, PLANAGEO.

Abstract: *The Republic of Angola has a very diverse and interesting catalogue of mineralisations, determined by their geological and/or geotectonic environments, spanning from the upper Archaean to more recent times. This makes Angola significant for potential mineral deposits. The exploration and mining activities over recent decades have led to the discovery of economically valuable deposits of various elements, such as Fe, Au, Li, REE, and diamonds, some of which are currently active. As a result, new mining opportunities have been created in the region. The Metallogenetic Map of Southern Angola at 1:1.000.000 scale was part of the Geological Mapping programme of the National Geology Plan of Angola (PLANAGEO, 2014-2022). This map highlights the distribution of mineral concentrations and defines for the first time the metallogenic provinces of southern Angola, that are directly linked to the geological features of the region. This information will serve as a basis for future mineral exploration research.*

Key words: *Metallogeny, Mineral resources, Metallogenetic provinces, Angola, PLANAGEO.*

INTRODUCCIÓN

Las numerosas mineralizaciones que ocurren en la República de Angola le confieren un indudable interés en cuanto a su potencial metalogenético. Las diferentes ocurrencias definen a menudo una distribución espacial, formando un conjunto de indicios o asociaciones minerales relacionadas con áreas y ambientes geológicos específicos. Sin embargo, la creciente demanda de recursos minerales en el mercado mundial hace necesario conocer el potencial minero regional del país, tanto para la planificación territorial como para la futura exploración e investigación de sus recursos.

Es por ello que el Gobierno de la República de Angola, a través del Ministerio de Recursos Naturales, Petróleo y Gas (MIREMPET) y el Instituto Geológico de Angola (IGEO), ejecutó un ambicioso programa de investigación geológico-minera, denominado el Plan

Nacional de Geología de Angola (PLANAGEO, 2014-2022), con el objetivo de mejorar el conocimiento geológico de su territorio y contribuir al desarrollo económico del país, con una inversión próxima a los 400 M\$. Entre una diversidad de trabajos geológicos, geofísicos y geoquímicos, uno de los principales resultados del proyecto fue el Mapa Metalogenético del Sur de Angola a escala 1:1.000.000, elaborado por el consorcio UTE-PLANAGEO (IGME-LNEG-Impulso).

Este mapa sintetiza, de una manera sistemática, los recursos minerales del país en relación con su contexto geológico, y se proponen por primera vez las provincias metalogenéticas de la región sur de Angola. El mapa metalogenético tiene, por tanto, el objetivo fundamental de proporcionar el conocimiento básico para la planificación de futuras investigaciones mineras y promover el desarrollo socioeconómico del país a partir del aprovechamiento sostenible de sus recursos naturales.

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DEL MAPA METALOGÉNÉTICO

El mapa metalogénético responde a la necesidad de crear una base informatizada de información geológica y metalogénética, organizado según los recursos minerales y su potencial interés. Para ello, se armonizó la información siguiendo los siguientes criterios:

Base Geológica

La base geológica de soporte a la información metalogénética incluye el mapa geológico del sur de Angola a escala 1:1.000.000 (Merino-Martínez *et al.*, 2022b), elaborado a partir de la cartografía realizada en el marco del proyecto PLANAGEO. Se utilizaron técnicas de generalización cartográfica, entendidas como la selección y representación simplificada de elementos geológicos y geométricos con un nivel de detalle adecuado a la escala y con una pérdida mínima de información geológica. La síntesis geológica se centra en las unidades aflorantes pertenecientes a diferentes dominios geológicos, abarcando un rango temporal que abarca desde el Arcaico hasta la actualidad.

Base de datos de recursos minerales

La principal fuente de información se obtuvo de las memorias geológicas a escala 1:100.000 del IGEO, de los indicios y yacimientos mostrados en la Carta de Recursos Minerales de Angola de Araújo *et al.* (1998, 2001), así como de otros trabajos bibliográficos históricos y más recientes. Esta información fue complementada con las observaciones realizadas durante el trabajo de campo en el marco de PLANAGEO, así como con la información obtenida de los estudios específicos de Rocas y Minerales Industriales (CARMINA) y de Recursos Minerales Metálicos (CRMMA), lo que permitió verificar los indicios y añadir nuevos lugares de potencial interés. El archivo final de datos recoge toda la información existente para cada indicio mineral, agrupada en función del tipo de elemento y/o grupo de recurso mineral (Fig. 1), así como otros parámetros y atributos internos (p.ej., morfología, estructura, mineralogía) y externos (p.ej., litología, estratigrafía, alteración, relación con el entorno geológico), deducidos del reconocimiento sobre el terreno y recogidos en la bibliografía.

Simbología

Los diferentes recursos minerales se agruparon según su tipo e interés (Fig. 1), definiéndose las siguientes agrupaciones: metales ferrosos, metales no ferrosos, metales nobles, metales raros y elementos de tierras raras, minerales radiactivos y minerales energéticos. Los minerales no metálicos, relacionados estrechamente con la presencia de minerales metálicos o de interés económico, fueron divididos en tres grupos principales: sales, piedras preciosas y semipreciosas, y otros recursos minerales no metálicos. Por último, pero de gran importancia para el país, fueron representados de manera independiente los recursos hidrominerales, para ubicar las fuentes termales (aguas minerales) de la región.

RECURSOS MINERAIS

METAIS FERROSOS		METAIS NOBRES	
●	Fe, Mn, Ti	●	Au (Ag, As)
METAIS NÃO FERROSOS		METAIS RAROS E ELEMENTOS DAS TERRAS RARAS	
●	Al (lateritos, bauxitos e alunitos)	●	Li, Be, Nb, Ta, ETR
●	Co, Ni, Bi, Ag	MINERAIS RADIOACTIVOS	
●	Cr, Ni, Pt	U, Th (ETR)	
●	Cu	MINERAIS ENERGÉTICOS	
●	F, Ba, Sr	bet (betume)	
●	Pb, Zn	grf (grafite)	
●	Sn, W, Mo, Bi	RECURSOS MINERAIS NÃO METÁLICOS	
●	Sulfuretos complexos	asb (asbestos)	
SAIS		bar (barite)	
●	na (sal gema)	cao (caulino)	
●	gyp (gesso)	dt (diatomite)	
PEDRAS PRECIOSAS E SEMI-PRECIOSAS		fds (feldspato)	
○	agt (agata)	grt (granada)	
○	dia (diamante e/ou kimberlitos)	ky (cianite)	
○	laz (lazurite)	mic (micas)	
○	tu (turmaline)	ol (olivina)	
○	ve (vesuvianite)	phr (fosforite)	
RECURSOS HIDROMINERAIS		qz (quartzo)	
●	agu (águas minerais)	tal (talco)	

MORFOLOGÍAS	CATEGORÍAS		
	Indício	Ocorrência	Jazigo
Filoneano	◆	◆	◆
Aluvionar	▼	▼	▼
Eluvionar	↓	↓	↓
Aluvio-eluvionar	▼	▼	▼
Irregular	◆	◆	◆
Desconhecido	●	●	●
Estratiforme	◆	◆	◆
Contacto	■	■	■

ABREVIações NO MAPA

ELEMENTOS		RECURSOS			
Ag	Prata	Ag	Agata	Kmb	Kimberlito
As	Arsénico	agu	Água mineral	Ky	Cianite
Au	Ouro	asb	Asbesto	lar	Lazurite
Ba	Bário	bar	Barite	lat	Laterite
Cr	Crómio	ber	Berilo	mic	Micas
Cu	Chumbo	bet	Betume	na	Sais de sódio
Fe	Ferro	cao	Caulino	ol	Olivina
Mn	Manganés	ccc	Calcário	peg	Pegmatito
Mo	Molibdénio	ch	Chert	phr	Fosforite
Nb	Nióbio	cpy	Calcopirite	py	Pirite
Ni	Níquel	dia	Diamante	qz	Quartzo
Pt	Elementos do Grupo da Platina	dt	Diatomito	Sn	Estanho
Ta	Tantálio	fds	Feldspato	sul	Sulfuretos
Ti	Titânio	flu	Fluorite	tal	Talco
TR	Elementos das Terras Raras	gra	Granada	tu	Turmaline
W	Wolfrâmio	grf	Grafite	ve	Vesuvianite
Zn	Zinco	gyp	Gesso	wo	Volastonite

FIGURA 1. Simbología de los recursos minerales y agrupaciones representadas en el Mapa Metalogénético del Sur de Angola (Merino-Martínez *et al.*, 2022a), en función del tipo de recurso, categoría, morfología y codificación de elementos y/o recursos mostrados.

Los principales recursos de interés se representaron mediante un color específico, facilitando la distinción del elemento y/o la asociación de los elementos más representativos dentro del conjunto. Los símbolos químicos de los principales elementos y las abreviaturas o descripciones de los recursos se encuentran junto a la leyenda de colores para ayudar a su distinción. Además, la carta metalogenética incluye el elemento o mineral que actúa como principal recurso de interés (mena), así como su asociación con otros minerales o cuerpos rocosos específicos, junto con el símbolo correspondiente. Esta información es útil para discernir determinadas características de los recursos representados en el mapa. La clasificación de la importancia relativa de los recursos minerales se realizó mediante un método de representación visual para distinguir fácilmente su potencial económico (Fig. 1). Esta caracterización se combinó con la morfología de cada uno de los indicios, añadiendo valiosa información sobre la geometría del yacimiento. La categoría de cada recurso fue proyectada por un símbolo de tamaño variable siendo representados, de menor a mayor, indicios, ocurrencias y yacimientos.

PROVINCIAS METALOGENÉTICAS DEL SUR DE ANGOLA

Las provincias metalogenéticas representadas en el mapa corresponden con regiones en las que los recursos minerales de potencial interés están claramente definidos y asociados a un contexto geológico, pudiendo o no estar relacionados genéticamente. Estas provincias se definen sobre la base de la geoquímica, la paragénesis mineral, la morfología y la génesis, y son representadas en el mapa en forma de polígonos irregulares, cuyo color define la principal zona de interés (Figs. 2 y 3). La mayoría de las provincias metalogenéticas no son continuas y están separadas en distritos distintos. En este sentido, el término "distrito" se utiliza estrictamente para las unidades geográficas, independientemente de su relación genética o de edad. Estas zonas, representadas en el mapa con una numeración específica, indican la presencia coincidente de un elemento o elementos de interés, que se registran en regiones separadas geográficamente, independientemente de su relación genética o de edad.

La región sur de Angola está constituida por 6 grandes provincias metalogénicas (Merino-Martínez *et al.*, 2022a), cuyas eras metalogénicas abarcan desde el Neoarcaico hasta el Cretácico, y una vasta área de interés en la exploración diamantífera, generada desde el Cretácico hasta la era actual/subactual. Las provincias metalogénicas definidas en el Mapa Metalogénico del Sur de Angola a escala 1:1.000.000 (Fig. 3), consisten en:

Las provincias metalogénicas de Au y Fe, asociadas a mineralizaciones que tuvieron lugar desde el Neoarcaico al Paleoproterozoico, fundamentalmente relacionadas con los yacimientos de tipo BIF (*Banded Iron Formation*) de la región de Cassinga (Grupo Jamba), a la deposición y/o remoción hidrotermal y mineralización en rocas metasedimentarias neorcaicas a sidéricas (Grupo Chipindo), y a escasas mineralizaciones descritas en rocas ígneas eburneas hidrotermalizadas.

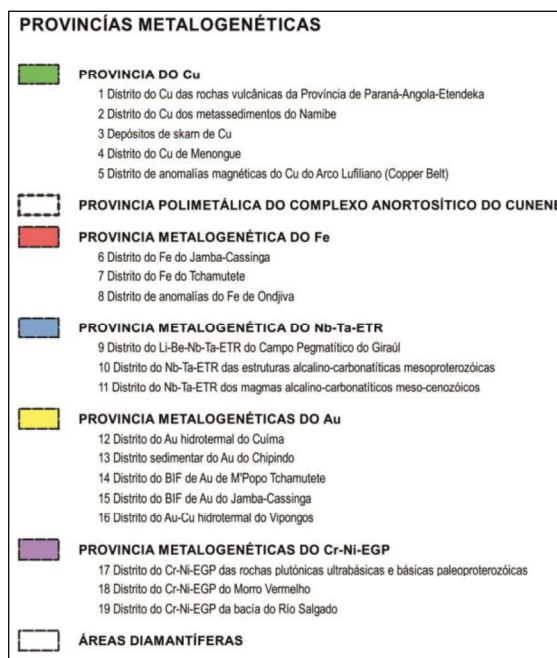


FIGURA 2. Provincias Metalogénicas definidas en la región sur de Angola a raíz de los trabajos realizados en el proyecto PLANAGEO.

La provincia metalogénica de Cr-Ni-EGP se relaciona con la mineralización primaria asociada a la cristalización de cuerpos máficos a ultramáficos paleo- a mesoproterozoicos, y a las intrusiones ultramáficas deformadas encontradas en el Cinturón Pan-Africano del Kaoko, así como a sus productos de denudación.

La provincia polimetálica del Complejo Anortosítico del Cunene (CAC), se asocia a los procesos de cristalización, inmiscibilidad e hidrotermalismo acontecidos durante la instalación de los diversos pulsos magmáticos que componen el CAC. Se encuentran numerosas mineralizaciones de Fe y Ti ($\pm V$), producto de segregación magmática, así como depósitos asociados a la erosión del CAC, compuestos por arenas pesadas ricas en ilmenita, titano-magnetita y magnetita, considerados económicos y de gran tonelaje (Lorena Santos, 1969). Cabe destacar también la importancia de las rocas anortosíticas, comúnmente explotadas para fines ornamentales, así como otras mineralizaciones filonianas de amazonita y sodalita asociadas al complejo.

La provincia metalogénica de Cu incluye diferentes episodios de mineralización hidrotermal ocurridos en las rocas ígneas eburneas de la región de Menongue; procesos hidrotermales y metasomáticos que afectan a rocas metasedimentarias paleoproterozoicas del Grupo Namibe; mineralizaciones asociadas al *Copper Belt* del Arco Lufiliano; y distintos pulsos hidrotermales que afectaron a las rocas cretácicas en la región litoral.

La provincia metalogénica de Nb-Ta-ETR se encuentra ampliamente representada por las estructuras alcalino-carbonatíticas cretácicas, desarrolladas a lo largo del llamado Cinturón Volcánico de Angola (Machado, 1959), y a los escasos cuerpos alcalinos y carbonatíticos instalados durante el Mesoproterozoico en

el extremo sur de la región. Esta provincia también se asocia a pegmatitas graníticas paleoproterozoicas ricas en Li-Be-Nb-Ta de la región de Namibe.

Por último, las áreas diamantíferas identificadas se refieren a posibles yacimientos primarios de kimberlitas cretácicas, interpretados mediante métodos geofísicos (Reis, 1972), así como a yacimientos sedimentarios y de tipo *placer* relacionados con la erosión de los macizos kimberlíticos encontrados en el noreste del país, que se depositan en las terrazas fluviales y sedimentos aluviales de las cuencas intracontinentales del sur de Angola.

CONCLUSIONES

El presente trabajo registra el potencial metalogenético de la región meridional de la República de Angola, relacionando los distintos yacimientos y/o indicios en un contexto geológico regional. Aunque este trabajo se centra en aquellos recursos minerales que implican un proceso natural de concentración y/o cuyos yacimientos representan una anomalía en la corteza, definiendo de esta forma las provincias metalogenéticas, cabe señalar que este estudio también incluye el potencial interés en la explotación de rocas y minerales industriales y rocas ornamentales, lo que favorecerá claramente las relaciones comerciales intra- e intercomunitarias y tendrá un beneficio directo en el desarrollo económico del país.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es resultado del Plan Geológico Nacional de Angola (PLANAGEO). Nos gustaría expresar nuestra gratitud por la inestimable ayuda prestada por el personal local durante los trabajos, y la valiosa contribución de Impulso Industrial Alternativo a este proyecto.

REFERENCIAS

Araújo A.J., Perevalov, O.V., Guimarães, F.R., Kondratiev, A.I., Tselikovski, A.F., Khodriev, V.L., Polskoi, F.R., Agueev, Y.I., Voinovski, A.S., Sunda, P. y Joaquim, A. (1998): *Carta de Recursos Minerais de Angola*. IGEO, MGM, Angola.

Araújo, A.G., Perevalov, O.V., Guimarães, F., Kondratiev, A.I., Tselikovski, A.F., Khódríev, V.L., Polskoi, F.R., Agueev, Y.I., Voinovski, A.S., Sunda, P. y Joaquim, A. (2001): *Catálogo de Recursos Minerais de Angola*. IGEO, Angola.

Lorena Santos, A.P. (1969): *Ocorrências de ilmenites no sul de Angola*. Boletim nº 20, Serviços de Geologia e Minas, Província de Angola.

Machado, F.S. (1959): The volcanic belt of Angola and its carbonatites. En: *Leopoldville Meetings, C.C.T.A. /A.S.G.A*, 44, 307-317.

Merino-Martínez, E., Buzzi, J., Chinchilla, D., Potti, J., Batista, M.J. y Rodrigues, J.F. (2022a): *Mapa e Notícia Explicativa do Mapa Metalogenético de Angola, escala 1:1.000.000. Zona UTE (Região Sul de Angola)*. UTE PLANAGEO (IGME/LNEG/IIA), IGEO, MIREMPET, Luanda (Angola), 136 p.

Merino-Martínez, E., Rodrigues, J.F., Ferreira, E., Chamizo, M., Potti, J., Labaredas, J., Francés, A., Morais, A., Oliveira, A. y Pereira, E. (2022b): *Notícia Explicativa do Mapa Geológico de Angola, escala 1:1.000.000. Zona UTE (Região Sul de Angola)*. UTE PLANAGEO (IGME/LNEG/IIA), IGEO, MIREMPET, Luanda (Angola), 111 p.

Reis, B. (1972): Preliminary notes on the distribution and tectonic controls of kimberlites in Angola. En: *24th International Geological Congress*. Montreal (Canadá), 276–281.

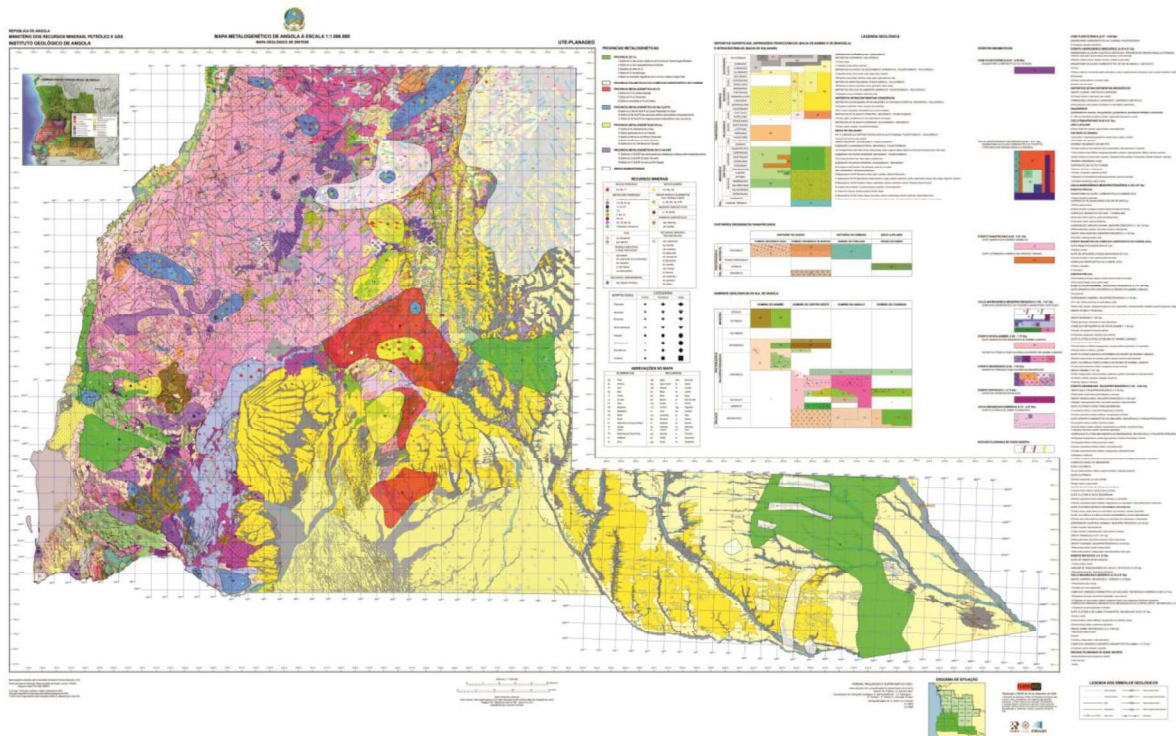


FIGURA 3. Mapa Metalogenético del Sur de Angola (Merino-Martinez et al., 2022a).