

Caracterización mineralógica de formaciones de hierro bandeadas en Vipongos, provincia Namibe, Angola

Mineralogical characterization of banded iron formations in Vipongos, Namibe province, Angola

Antonio Olimpio-Gonçalves¹, Arturo Luis Rojas-Purón^{2*}, Loide Aurora António-Caliata²

¹Universidad Agostino Neto, Luanda, Angola.

²Universidad de Moa, Holguín, Cuba.

*Autor para la correspondencia: artrojaspuron@ismm.edu.cu

Resumen

Las formaciones de hierro constituyen uno de los principales recursos minerales de la República de Angola; sin embargo, pocos estudios se refieren a las formaciones ferríferas bandeadas conocidas como BIF (*Banded Iron Formation*). Este artículo se enfoca en la caracterización mineralógica, mediante técnicas de difracción de rayos X y fluorescencia de rayos X, de las BIF existentes en la localidad de Vipongos, provincia de Namibe. En el sector central de Vipongos afloran los cuerpos mayores y mejor desarrollados, compuestos principalmente de cuarzo y hematita, con carbonatos (calcita y dolomita); se asocian a esquistos clorítico-micáceos (clinocloro, muscovita y biotita) estratificados y plegados. Existen, al nordeste, diques de rocas gabrodioríticas que intruyen secuencias de esquistos verdes. Los rasgos litológicos y geoquímicos de las BIF en Vipongos permiten asignarlas a un ambiente de formación del tipo Algoma, al estar íntimamente asociadas a esquistos verdes y, en ocasiones, a rocas volcánicas. Por otra parte, la existencia de elementos menores (V, Co y Sr) y trazas (Ag, In y Ta) atestiguan la ocurrencia de actividad hidrotermal. Estos resultados apoyan la idea de que las BIF de Vipongos son una prolongación del Supergrupo Cinturón Móvil Damara, de Sudáfrica.

Palabras clave: formación bandeada; hierro; BIF; chert; magnetita; hematita; esquistos verdes; Vipongos.

Abstract

One of the main mineral resources of the Republic of Angola is iron formation; however, just some studies refer to formation containing banded iron known as BIF (Banded Iron Formation). This article focuses on the mineralogical characterization, by means of diffractometry and X-ray fluorescence techniques, of the existing BIF formation in Vipongos, Namibe province. In the central sector of Vipongos, the largest and best-developed bodies appear, composed mainly of quartz and hematite, with carbonates (calcite and dolomite); they are associated with stratified and folded chloritic-micaceous schists (clinochlor, muscovite and biotite). To the northeast, there are gabbro-dioritic rock dikes that intrude sequences of green schists. The lithological and geochemical features of BIF formation in Vipongos allow them to be assigned to an Algoma-type formation environment, as they are closely associated with green schists and sometimes with volcanic rocks. On the other hand, the existence of minor elements (V, Co and Sr) and traces (Ag, In and Ta) testify the occurrence of hydrothermal activity. These results support the idea that Vipongos BIFs are an extension of Damara Mobile Belt Supergroup from South Africa.

Keywords: banded formation; iron; BIF; chert; magnetite; hematite; green shales; Vipongos.

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito geológico se conocen como BIF (siglas en inglés de *Banded Iron Formation*) las formaciones precámbricas de rocas sedimentarias químicas, con contenidos de hierro por encima del 15 %, estratificadas en bandas de óxidos de hierro (hematita o magnetita) que alternan con bandas de chert, carbonatos de Ca y Fe y silicatos de Mg-Fe, asociadas a procesos de diagénesis y metamorfismo.

Se distinguen tres tipos de BIF: tipo Algoma, tipo Superior y tipo Rapitan. Las formaciones tipo Algoma (Gourcerol *et al.* 2016) se caracterizan por presentar fajas de esquistos verdes del Arcaico y, en menor medida, del Proterozoico. Muestran una asociación volcánica con grauvacas que sugiere un ambiente de cuenca extensional (*rift*); presentan, además, las fases de óxidos, carbonatos y sulfuros de hierro. Su potencia varía desde unos pocos centímetros a cientos de metros y es raro que sean continuas más allá de unos pocos kilómetros de extensión.

Las de tipo Superior son rocas finamente bandeadas, en su mayor parte correspondientes a las fases de óxidos, carbonatos y silicatos. Usualmente

están libres de material clástico; se caracterizan por un bandeamiento rítmico de capas ricas en hierro y capas silíceas pobres en ese metal, las cuales normalmente varían en espesor desde un centímetro hasta un metro, aproximadamente. Estas BIF están asociadas a cuarcitas y lutitas carbonosas, así como a secuencias de dolomitas, arcosas, conglomerados, pizarras negras, chert masivo y arcillas. Las secuencias en las que se presentan las BIF tipo Superior, en general, son discordantes sobre un basamento con alto grado de metamorfismo y están en la porción inferior de la secuencia.

Por último, las BIF tipo Rapitan son las formaciones de hierro menos abundantes, su edad es Proterozoico tardío (800-600 millones de años) y se asocian a depósitos con mineralogía muy sencilla, formadas básicamente por hematitas y cuarzo.

Las formaciones ferríferas tipo BIF mejor conocidas geológicamente (Trendall y Blockley 1970) son las siguientes:

- Supergrupo Transvaal (Craton Kaapvaal, Sudáfrica);
- Grupo Hamersley (Cráton Pilbara, Australia);
- Formación Caué (Brasil);
- Cuenca Krivoy Rog (Kurs, Ucrania)
- Las formaciones ferríferas clásicas de Gunflint, Biwabik y Sokoman, en la región del Lago Superior en América del Norte.

En el norte de África, rocas bandeadas del tipo BIF solo se reportan en Egipto, Nigeria, Mauritania y Camerún. En Egipto fueron reveladas mediante un estudio del metamorfismo y sus implicaciones tectónicas (El-Shazly y Khalil 2014); otros estudios han establecido sus aspectos mineralógicos (Taman *et al.* 2002; Taman 2005).

Las BIF nigerianas, asociadas al cinturón de esquistos alrededor de la colina de Muro, se componen de bandas de cuarcitas que alternan con bandas ricas en hierro (Anike, Umeji y Orajaka 1993; Mücke y Arnnor 1993; Adekoya, Okonkwo y Adepoju 2012). En Mauritania, Bronner y Chauvel (1979) estudian BIF interestratificadas con sedimentos clásticos y algunas rocas volcánicas, que conforman la formación de hierro del Grupo Ijil.

En el sureste de Camerún, Nforba, Kabeyene y Suh (2011) valoran geoquímica y mineralógicamente el regolito de Mbalam; Ilouga, Suh y Tanwi (2013) asocian a estas formaciones ferrosas la existencia de Elementos de Tierra Raras (ETR). Más recientemente, Teutsong *et al.* (2015) y Ndime *et al.*

(2018) estudian las BIF del complejo Ntem, al sureste de Camerún y reportan rocas de metamorfismo de alto grado.

En la parte meridional de África, al sur de Angola y Zambia, se localizan las principales unidades de rocas tipo BIF de este continente, fundamentalmente en Sudáfrica, como expone Beukes (1973) en un estudio detallado de las formaciones de hierro precámbricas del territorio africano, en el que identifica cuatro tipos de unidades tectono-sedimentarias, a saber: cinturones verdes, cinturón metamórfico, cuatro cuencas cratónicas y un cinturón móvil.

Es en Sudáfrica donde las BIF han sido estudiadas de forma más completa y detallada. Destacan las investigaciones de Beukes *et al.* (2019) y Beukes y Gutzmer (2008) sobre el significado paleoambiental de las formaciones de hierro paleoproterozoicas del Supergrupo Transvaal.

Por otro lado, Bontognali, Fischer y Föllmi (2013) realizan un interesante estudio estratigráfico y mineralógico de las BIF del Grupo Moodies, del Cinturón Verde de Barberton. Johnson y otros investigadores (2018) valoran la participación de los isótopos de hierro durante la génesis de las BIF en el Craton Transvaal, teniendo en cuenta la participación de las bacterias en este proceso en el Arqueozoico.

En territorios cercanos a Sudáfrica, Fripp (1976) estudia los depósitos de oro y sulfuros de Stratabound en Rodesia, asociados a las BIF y Saager, Oberthuer y Tomschi (1987) revelan BIF en las unidades sedimentarias con mineralización aurífera, que intercalan con las rocas metamórficas arqueozoicas del cinturón verde de Gwanda, al suroeste de Zimbabwe.

En Angola, aunque las formaciones de hierro constituyen unos de sus principales recursos minerales, se conocen pocos reportes sobre las BIF, únicamente Sinués y demás colaboradores (2011) realizan un estudio geológico-mineralógico del depósito Cateruca y Sampedro-Berges (2014) caracteriza el yacimiento Tchamutete, ambos pertenecientes al distrito minero de Cassinga, en la provincia de Huila.

Martin (1965) y Beukes (1973), al estudiar el Supergrupo Cinturón móvil Damara, reconocen rocas sedimentarias ricas en hierro, pertenecientes a los grupos Itavi y Hakos, que afloran próximas al sur de Angola, donde se registran dolomitas, chert, calizas brechosas y cuarzitas asociadas a la mineralización ferrosa, además de esquistos micáceos, conglomerados y cuarcitas feldespáticas, entre otras.

En la localidad angolana de Vipongos existen secuencias ferríferas-silicatadas estratificadas asociadas a esquistos verdes, las que por su proximidad al Supergrupo Cinturón móvil Damara pudieran constituir una prolongación de esta unidad estratigráfica. La presente investigación tuvo el propósito de determinar, por medio de técnicas de rayos X, la composición mineralógica de estas secuencias a fin de contribuir a la verificación de esa conjetura.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Zona de estudio

La localidad de Vipongos se ubica en el municipio Virei, provincia de Namibe, que ocupa un área aproximada de 57 091 km² en el litoral sur de Angola (Figura 1). Geológicamente (Figura 2), Vipongos se inserta dentro de un complejo de rocas del Arcaico superior y Proterozoico temprano del suroeste de Angola, que atestiguan eventos de la Orogenia Neoproterozoica Panafricana, asociado a la depresión periocéanica (cuenca de Mosamedes) de rocas sedimentarias de edad que va del Cretácico inferior al Cuaternario (Araújo y Guimaraes 1992; De Carvvalho y Alves 1993).

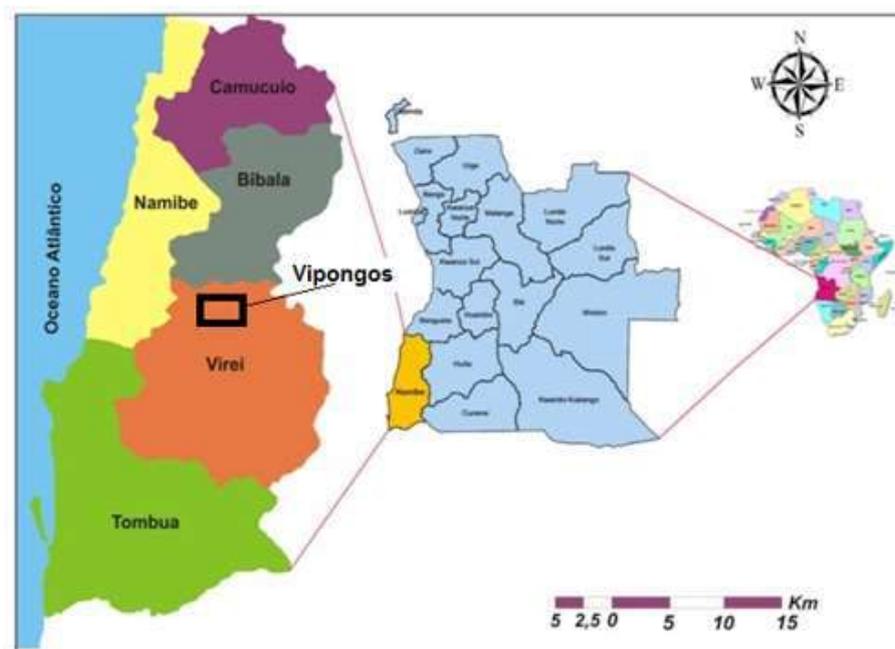


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio Vipongos, provincia de Namibe, Angola (tomado de Bondo y Carvalho 2011).

El área de estudio presenta afloramientos de rocas de las series metasedimentarias, metavolcánicas básicas, metacherts con BIF y conglomerados (Gonçalves 2008). Estas series son intruidas por filones cuarzo-feldespáticos de diferentes dimensiones (4-50 cm); se observan también rocas mayoritariamente esquistosas, de coloración pardusca y gris

verdosa, con cuarzo-sericita-clorita-biotita, en ocasiones moscovita y epidota (Kamata y Sobrinho 2015). Las estratificaciones son muy finas cuando la asociación predominante es la biotita-moscovita con clorita, y más gruesas cuando predomina el cuarzo. Los esquistos se encuentran intercalados principalmente con cherts, pegmatitas, mármoles y basaltos (Gonçalves 2008).

Rocas ricas en hierro aparecen en la parte central y sudeste del área de estudio, formando pequeñas series de cerros alargados en dirección NW-SE, en cuyas laderas se observan bloques y fragmentos de rocas fracturadas, con señales de meteorización de las formaciones ferríferas silicatadas (Kamata y Sobrinho 2015).

Las rocas del Proterozoico inferior que afloran en el área son metavulcanitas básicas (esquistos) y metasedimentarias, además de metavulcanitas intermedias oxidadas, metacherts silicificados y oxidados (BIF) y metaconglomerados. Del Mesozoico afloran intrusiones graníticas, basaltos, andesitas y rocas de coberturas de la misma edad (Kamata y Sobrinho 2015).

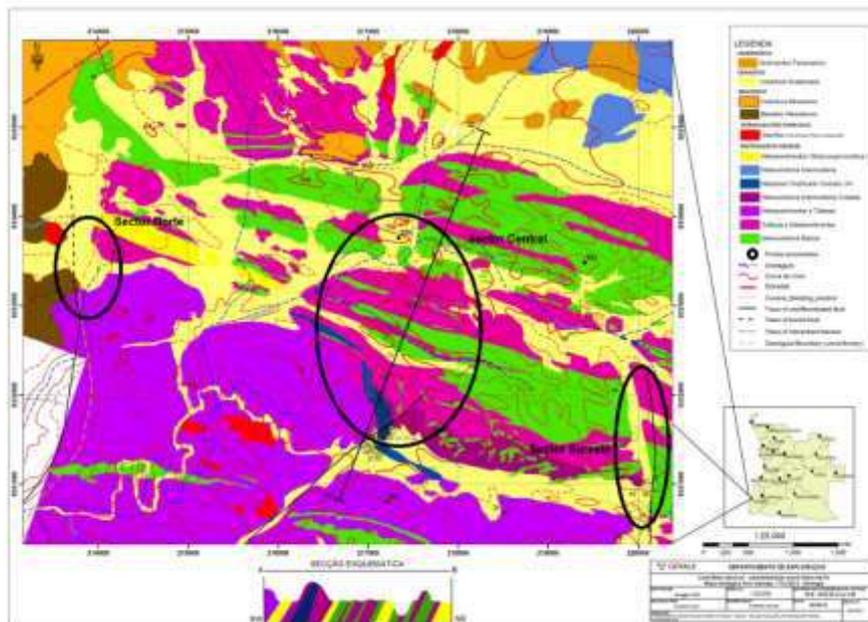


Figura 2. Mapa geológico del área de Vipongos donde se indican los tres sectores de estudio. Escala 1:25.000. Fuente: Departamento de Exploración de Gevale (2013).

2.2. Muestreo

Se tomaron muestras en tres sectores: noroeste, central y sudeste (Figura 2, Tabla 1) donde afloran las rocas del tipo BIF, además de otras volcánicas,

chert y esquistos verdes asociados a la mineralización ferrosa existente en el área de Vipongoss.

Tabla 1. Distribución de los puntos de afloramientos por sectores en el área de Vipongoss

Sector de estudio	Puntos de afloramientos	Observaciones
Noroeste	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P48	Rocas cuarzo dolomíticas; rocas volcánicas alteradas; conglomerados blancos; bloques de chert con cuarzo asociados a esquistos cloríticos; esquistos verdes estratificados, exfoliados (cloríticos, micáceos)
Centro	P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P26, P33, P34, P35, P47	Diques de rocas volcánicas alteradas. Rocas tipo BIF: silicatadas -carbonatadas - ferríferas bandeadas. Esquistos verdes (micáceos y cloríticos) asociados a BIF. Mineralización de hierro asociada esquistos verdes
Sudeste	P36, P41, P42, P44, P45	Rocas tipo BIF: silicatada - carbonatada - ferríferas bandeadas con esquistos verdes micáceos. Existe predominio de esquistos verdes (micáceos y cloríticos), que abundan más hacia el extremo este

2.3. Métodos

2.3.1. Microscopía óptica

Las muestras se sometieron a un reconocimiento mineralógico elemental bajo el microscopio binocular marca Coleman, oculares: WF 10x/18mm (P16x/11mm opcional); objetivos: 4x/0.10, 10x/0.25, 40x/0.65 y 100x/1.25, tomando como base las propiedades físicas diagnósticas (color, brillo, morfología cristalina, clivaje, dureza) de los granos minerales, lo que permitió verificar la pertenencia de las muestras a los tipos litológicos presentes en el área de Vipongoss, además de distinguir las muestras con significativo grado de mineralización.

2.3.2. Difracción de Rayos X (DRX)

Para las determinaciones mineralógicas se utilizó un difractómetro de la marca Philips, modelo PW 3710, radiación de CuK α 1, voltaje de 40 kV, amperaje de 30 mA, con un barrido 2θ de 5° a 80°. En el proceso de lectura e interpretación de los difractogramas se utilizaron los softwares APD (Philips) y el Xpert High Score 1b del año 2002, así como la base de datos del ICDD (*International Center for Diffraction Data*) del 1998. Para la estimación cuantitativa de los minerales se empleó el software Autoquan de la *Seifert X-Ray Technology* (Versión 2.26) del 2001.

2.3.3. Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Las determinaciones de la composición química se realizaron con un aparato portátil de fluorescencia tipo EDX-Pocket III de modelo EDX-P730-Skyray, perteneciente a la Empresa Nacional de Ferro de Angola (Ferrangol E.P) que posee un detector Si-PIN de 13 mm, con límite de detección: 0,001 %~0,01 %, tiempo de detección de 10 s a 200 s y fuente de excitación de mini-tubo de rayos-x de 40 kV/50MA, con ánodo de Ag. En este estudio interesaron los elementos menores: V, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Zr, Nb y Pb y las trazas: Ag, In, Ta y Se, ya reportados en rocas tipo BIF (Sylvestre *et al.* 2017; Tsikos y Moore 1997; Fripp 1976).

3. RESULTADOS

3.1. Sector noroeste

El sector noroeste (NW) presenta rocas silíceas-carbonatadas; afloran además rocas volcánicas alteradas con mineralización ferrosa y conglomerados carbonatados (Figura 3). Hacia su porción más occidental aparecen bloques de rocas compactas pardo-rojizas con cuarzo y dolomita (Figuras 3A y 4A), según lo confirman los reflejos difractométricos: 3,34 A°; 4,25 A°; 1,81 A° para el cuarzo y 2,89 A°; 2,19 A° 1,78 A° para la dolomita, que puede tener determinados contenidos de hierro, pues aparece asociada a rocas volcánicas meteorizadas con mineralización ferrosa (hematita según 2,69 A°; 3,67 A°; 2,51 A°) junto con plagioclasa (anortita: según 3,18 A°; 3,197 A°; 3,73 A°), cuarzo y piroxeno: enstantita según 3,16 A°; 2,89 A°; 2,22 A° (Figuras 3B y 4b).

Se observan también conglomerados de color blanco con granos de cuarzo y calcita, que presentan parcialmente un material amarillento, de carácter cementante y grano fino compuesto por clinocloro y muscovita (Figura 3 E y F); se identifica clinocloro (Figura 4c) según 14,15 A°; 7,04 A°; 3,53 A° y muscovita según 9,918 A°; 4,97 A°; 3,33 A°. Estos conglomerados

afloran como bloques blancuzcos fragmentados, rodeado de material rocoso verde-grisáceo, el cual engloba los granos silíceo-carbonatados.

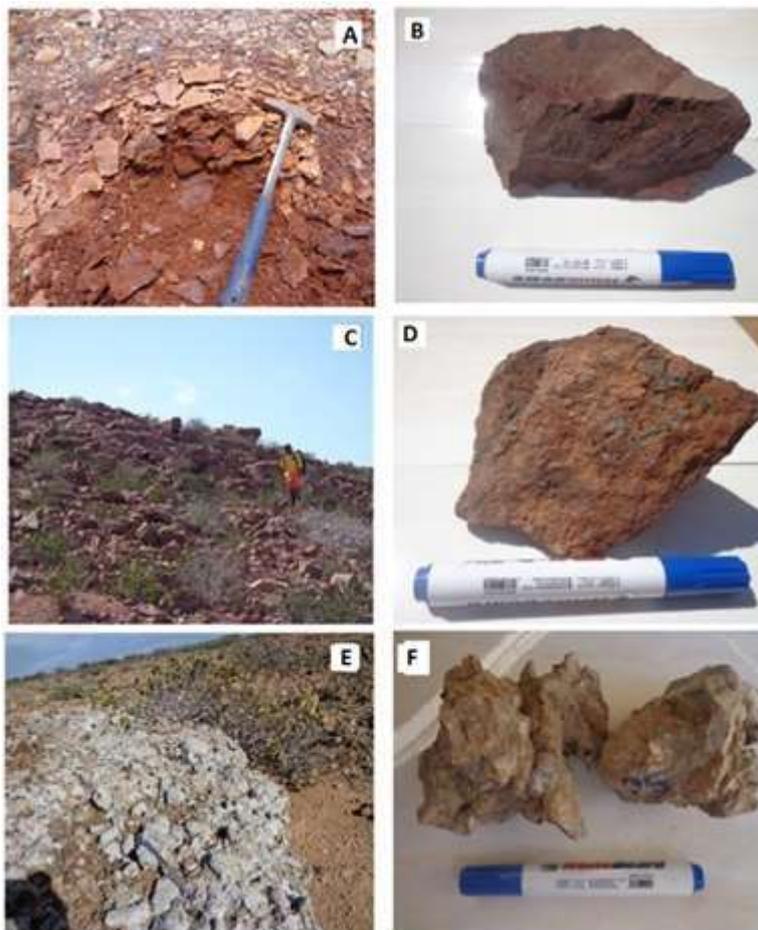


Figura 3. Afloramientos y muestras macroscópicas de rocas del sector NW de Vipongos. A: afloramiento de rocas cuarzo-carbonatadas, con alteración ferrosa (hematítica); B: roca cuarzo-dolomítica; C: afloramiento de rocas volcánicas alteradas; D: roca volcánica básica, con alteración ferrosa (hematítica) superficial; E: afloramiento de rocas conglomeráticas; F: roca conglomerática-carbonatada.

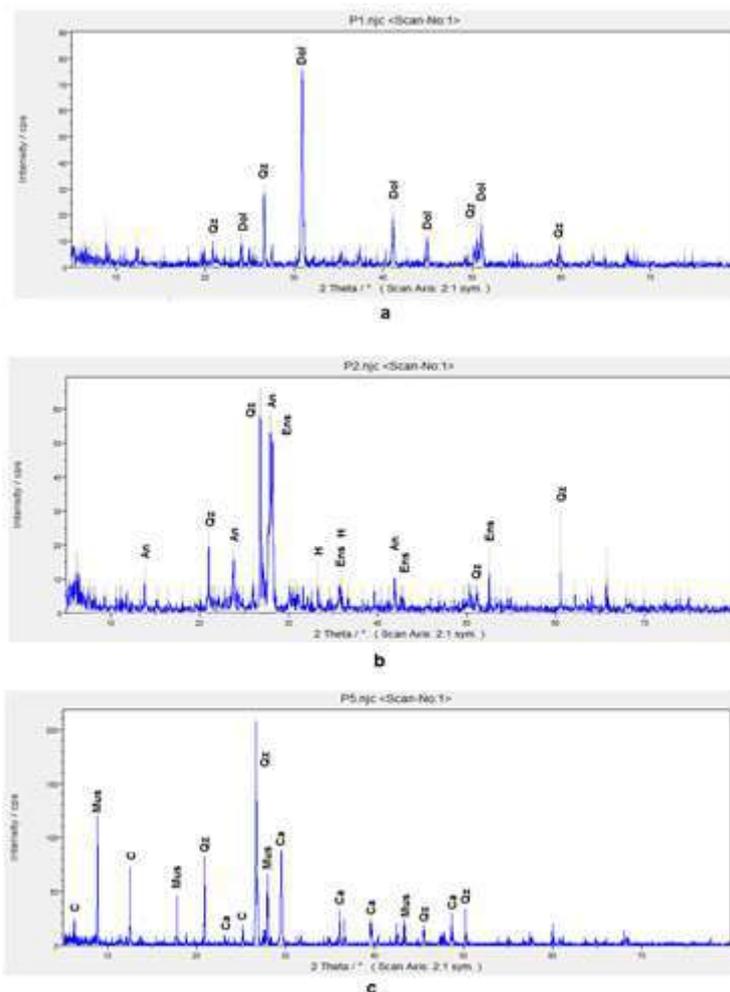


Figura 4. Difractogramas de muestras del sector NW. a: roca compacta con cuarzo (Qz) y dolomita (Dol); b: roca volcánica básica, con enstatita (Ens) y anortita (An), alterada superficialmente (hematita) con porciones de cuarzo; c: conglomerado con cuarzo, calcita (Ca), clinocloro (C) y muscovita (Mus).

En el mismo sector están presentes bloques de chert (Figura 5 A y B) y cuarzo en diferentes formas, tanto en afloramientos (in situ) como transportados, asociados a esquistos cloríticos. Los difractogramas de estas muestras (Figura 6a) exponen reflejos difractométricos: 3,34 A°; 4,25 A°; 1,81 A° pertenecientes al cuarzo y 2,88 A°; 1,54 A°; 1,37 A° para la dolomita, en las cuales se aprecia un componente gris oscuro compacto de material silíceo mezclado con carbonato, con porciones parduscas producto de las alteraciones del componente ferroso en la dolomita. Se observa, además, finas vetillas de cuarzo de forma independiente en las muestras.

Hacia la parte meridional del sector se perciben cuerpos bien estratificados de esquistos verdes, meteorizados en algunas porciones del afloramiento (Figura 5 C y D). Los esquistos verdes presentan clorita en forma de

clinocloro (Figura 6b) según $14,10^\circ$; $7,06^\circ$; $3,52^\circ$ y muscovita según $9,94^\circ$; $4,98^\circ$; $3,48^\circ$, siendo estos filosilicatos los principales minerales que componen el paquete rocoso estratificado, junto con el cuarzo.



Figura 5. Afloramientos y muestras macroscópicas de rocas del sector NW de Vipongoss. A: afloramiento de bloques silicatados carbonatados (chert); B: roca silicatada-carbonatada, tipo chert; C: afloramientos de esquistos verdes estratificados; D: Esquisto clorítico (clinocloro) con mica.

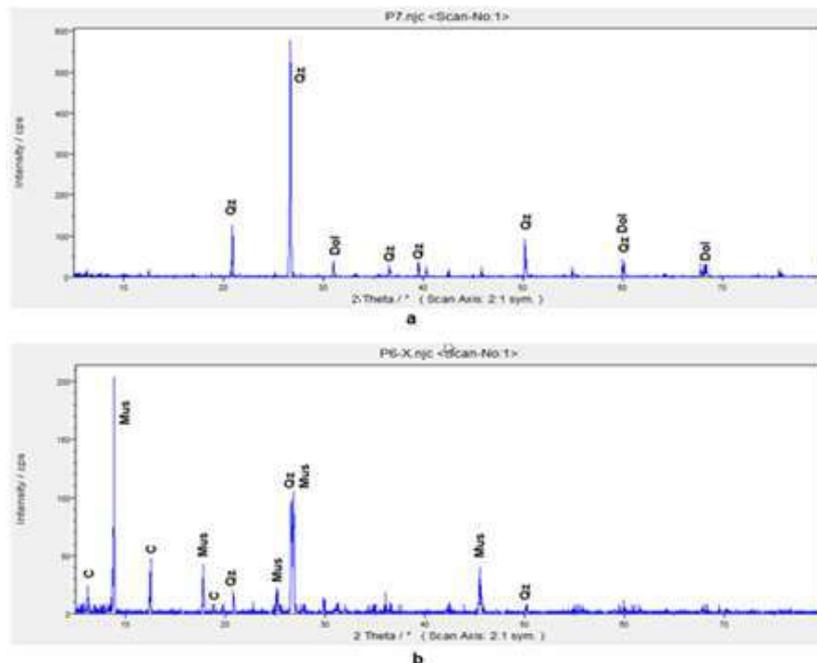


Figura 6. Difractogramas de rayos X de muestras del sector NW. a: chert con cuarzo (Qz) y dolomita (Dol); b: esquisto clorítico (clinocloro -C) - micáceo (muscovita -Mus), con mineralización cuarzosa.

3.2. Sector central

Es en el sector central donde se localizan los mayores afloramientos de rocas silicatadas ferruginosas bandeadas, tipo BIF (Figura 7 A, B, E, F) y aparecen los grandes cuerpos de rocas compactas, parduscas y bandeadas, compuestas principalmente de cuarzo, plagioclasas, micas y hematita, asociadas a esquistos clorítico-micáceos estratificados y plegados (Figura 7 C y D), que en ocasiones llegan a conformar cuerpos rectangulares compactos.

La Figura 7E expone un afloramiento de rocas BIF constituidas por cuarzo (SiO_2), carbonatos: calcita (CaCO_3) según $3,02^\circ$; $2,28^\circ$; $2,09^\circ$ y ankerita ($\text{CaMgFe}[\text{CO}_3]_2$) según $2,89^\circ$; $2,69^\circ$; $2,019^\circ$ (Figura 8) junto con la hematita (Fe_2O_3). Aquí también aparecen los esquistos verdes (Figura 7E, punto 2) como asociación característica de estos grandes cuerpos de BIF (Figura 8 c).

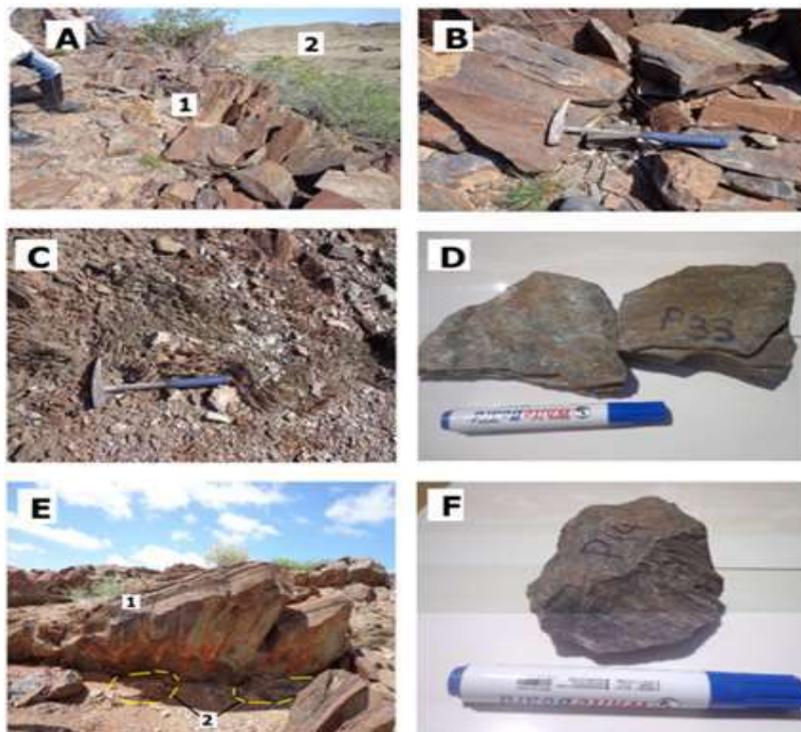


Figura 7. Afloramientos de rocas silicatadas ferruginosas bandeadas, tipo BIF; A: Rocas de tipo BIF (1) asociadas con esquistos micáceos (2). B: Muestras de rocas silicatadas ferruginosas bandeadas; C: Secuencias de esquistos cloríticos; D: Muestras de esquistos verdes (con clinocloro y cuarzo); E: Rocas silicatadas ferruginosas bandeadas, tipo BIF (1); en su parte inferior material clorítico asociado (2); F: Muestra de roca tipo BIF (con bandas de cuarzo, hematita, calcita y ankerita), del sector central de Vipongos.

El sector central es el más extenso del área de Vipongos, donde existen las mejores evidencias de la mineralización ferrosa, principalmente hematítica

(tanto roja como gris oscura) a veces con porciones de ankerita, aunque más hacia el norte se detecta dolomita en los cuerpos de chert.

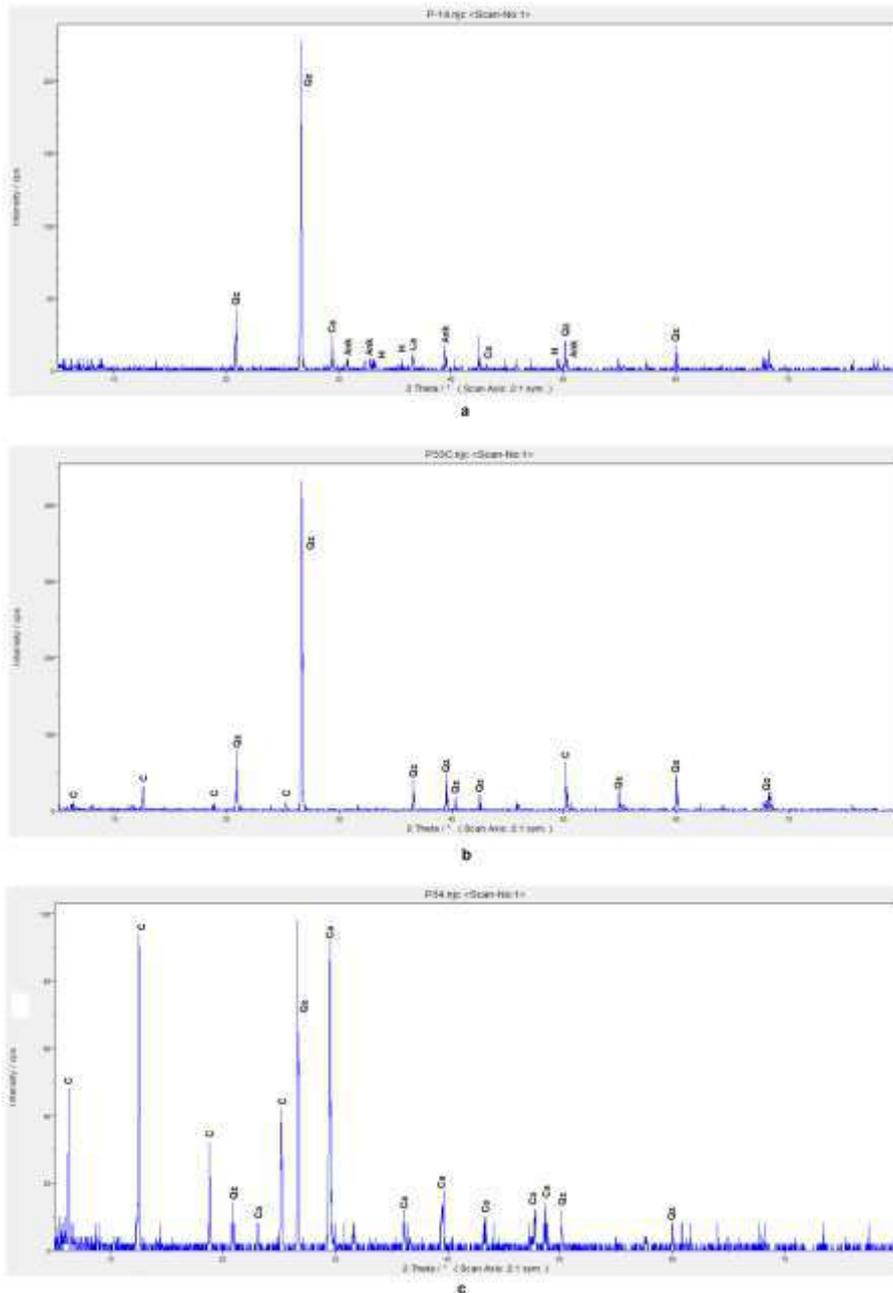


Figura 8. Difractogramas de rayos X de muestras del sector central, donde afloran esquistos cloríticos y rocas de tipo BIFs. a: roca de tipo BIFs, con cuarzo (Qz), calcita (Ca), ankerita (Ank) y hematita (H); b: esquistos verdes (clinoclino - C) en contacto con los cuerpos de BIF; c: material clorítico con cuarzo y calcita (punto 2 de la Figura 7E).

Resulta peculiar en este sector la existencia de diques de rocas magmáticas, de intermedias a básicas, que intruyen secuencias de esquistos verdes

(clorítico-micáceo) situados al nordeste (Figura 9A y B). Los cuerpos de diques dioríticos (Figura 10a) están compuestos por diópsido (según 2,51 A°; 2,52 A°; 2,94 A°), anortoclasa (3,18 A°; 3,20 A°; 3,21 A°), con muscovita (9,94 A°; 3,20 A°; 2,86 A°) y magnetita (2,54 A°; 2,99 A°; 2,10 A°) que al estar superficialmente meteorizados presentan una coloración amarillenta, probablemente por la oxidación del hierro. Los cuerpos rocosos tipo BIF en ocasiones se presentan como silicatados ferrosos (Figura 9 C y D) con predominio de cuarzo y hematita, la cual puede concentrarse formando bandas de coloración gris oscura a negra que alterna con las bandas silicatadas rojizas.



Figura 9. Afloramientos de rocas silicatadas ferruginosas bandeadas, tipo BIF; A: Dique de rocas magmáticas (1) que intruye a secuencias de esquistos micáceos (2). B: Muestra de gabro-diorita del dique. C: Cuerpo rocoso tipo BIF. D: Muestras de rocas silicatadas ferruginosas bandeadas, en el sector central de Vipongos.

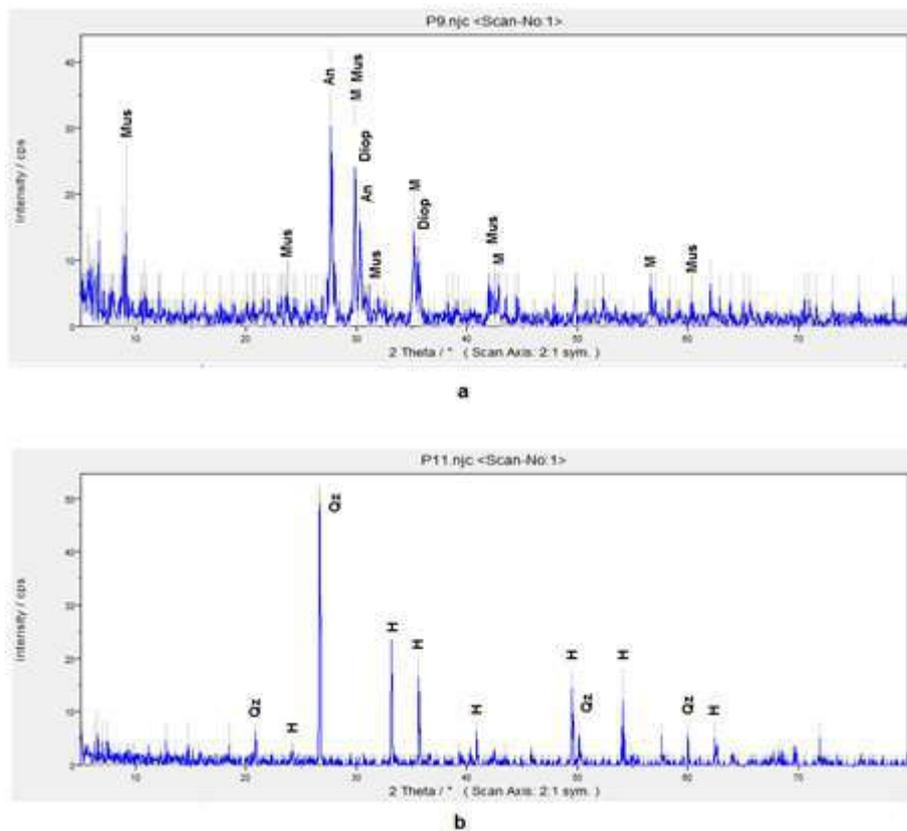


Figura 10. Difractogramas de rayos X de muestras del sector central, donde afloran diques de rocas magmáticas. a: roca magmática intermedia (con diópsido -Diop y anortoclasa -An) del dique que intruye a secuencias de esquistos verdes (con muscovita - Mus); b: roca tipo BIF, principalmente con cuarzo (Qz) y hematita (H).

3.3. Sector sudeste

En este sector (SE) la asociación de las rocas tipo BIF con los esquistos verdes es más evidente (Figura 11), sobre todo hacia su porción septentrional, donde los cuerpos BIF afloran ininterrumpidamente. Las secuencias de esquistos verdes estratificados y plegados (Figura 11 C y D) están compuestos principalmente por clinocloro (14,24 A°; 7,06 A°; 3,54 A°) y la mica tipo muscovita (10,10 A°; 4,97 A°; 3,86 A°), además de diópsido (según 2,57 A°; 2,52 A°; 2,99 A°) y cuarzo (4,24 A°; 3,34 A°; 1,81 A°), de forma secundaria (Figura 12).

En este sector predominan los esquistos moscovíticos con relación a los cloríticos. El predominio de la muscovita le confiere a estos esquistos una coloración más blanquecina. Hacia la parte oriental del sector predominan los afloramientos esquistosos y disminuyen las rocas BIF.



Figura 11. Afloramientos de rocas BIF en el sector sudeste de Vipongos. A: Afloramiento de rocas BIF (1) asociadas con esquistos micáceos (2). B: Muestras de rocas tipo BIF; C: Secuencias de esquistos verdes; D: Muestra de esquistos verde (micáceo-clorítica).

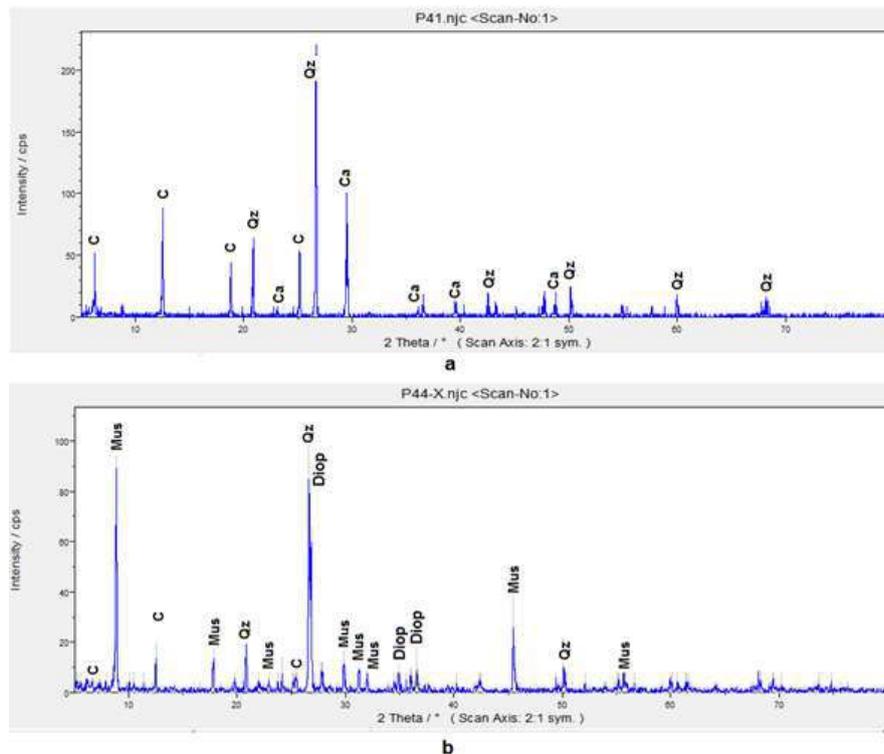


Figura 12. Difractogramas de rayos X de muestras del sector SE, donde afloran esquistos cloríticos y rocas de tipo BIF. a: esquistos cloríticos (clinoclora -C) con cuarzo (Qz) y calcita (Ca); b: esquistos micáceo-cloríticos (muscovita -Mus, diopsido -Diop).

3.4. Elementos menores

En el sector NW (Tabla 2) los elementos menores como el V, Co y Rb se detectan en todas las litologías estudiadas (Figura 13), donde el V posee una distribución más uniforme, pues sus contenidos oscilan de 77 ppm a 214 ppm. En rocas volcánicas básicas (punto P2) es donde se concentran el V, Co, Zn, Rb y Sr (entre 148 ppm y 300 ppm), que además poseen un alto contenido de Zr (718 ppm).

Tabla 2. Contenido de los elementos menores en las rocas asociadas a las formaciones rocosas del tipo BIF en la región de Vipongos

Elementos menores (contenido en ppm)										
Muestras	V	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Nb	Pb
P1	108,80	115,70	0,00	17,40	42,00	75,60	116,80	0,00	0,00	0,00
P2	184,40	148,90	0,00	93,80	169,30	238,90	297,80	718,10	0,00	0,00
P5	214,20	28,60	0,00	128,40	16,80	26,90	236,50	0,00	0,00	16,50
P7	77,30	36,10	0,00	0,00	0,00	21,70	0,00	0,00	0,00	0,00
P9	148,90	587,90	0,00	117,60	144,80	38,60	573,40	297,70	17,60	0,00
P9A	331,80	114,40	145,90	107,40	149,60	103,50	397,50	177,30	0,00	0,00
P11	287,10	701,20	0,00	100,00	42,70	80,30	0,00	0,00	0,00	0,00
P12	156,60	14,10	0,00	0,00	15,30	133,70	155,60	12,00	0,00	0,00
P13	0,00	139,90	0,00	0,00	0,00	6,60	307,60	0,00	0,00	0,00
P14	71,40	0,00	0,00	44,20	56,70	31,70	58,90	0,00	0,00	0,00
P15	177,50	0,00	0,00	330,90	119,80	24,70	0,00	0,00	0,00	0,00
P26	157,70	53,30	0,00	47,40	21,50	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00
P33	26,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P33 C	139,60	0,00	0,00	9,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P34 F	106,80	13,60	0,00	1744,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P34	118,70	56,70	0,00	28,40	17,20	0,00	167,50	0,00	20,60	0,00
P35	105,60	0,00	0,00	91,00	0,00	4,40	0,00	0,00	5,90	0,00
P36	285,30	0,00	173,80	540,80	108,30	21,50	79,20	0,00	0,00	0,00
P42	15,00	61,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P45	296,60	82,70	56,80	158,80	27,10	57,00	67,80	329,00	0,00	0,00

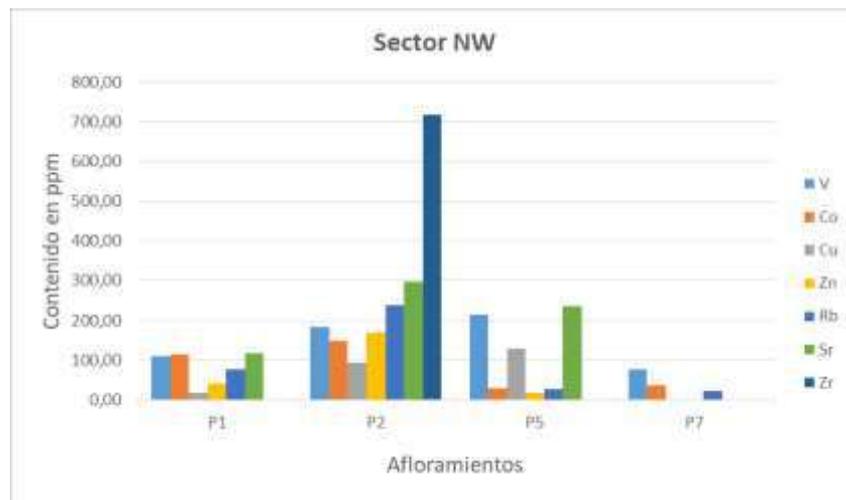


Figura 13. Distribución de los elementos menores en el sector NW de Vipongos.

En el sector central (Figura 14) resultan significativos los contenidos de V, Co, Cu, Sr y Zr, aunque con diferencias entre ellos; tal es el caso del Cu, con una alta concentración de hasta 1 744,40 ppm en un cuerpo tipo BIF (muestra P34F) asociado a esquistos clorítico-micáceo, mientras que el Co (587 ppm y 700 ppm) junto con el Sr (397 ppm y 573 ppm), V (331 ppm y 287 ppm) y Zr (297 ppm) están contenidos en rocas magmáticas básicas y medias. Por otra parte, en rocas magmáticas se detectan el Ni, Zn y Rb en contenidos por debajo de 150 ppm, y en muy poca cantidad (menor de 21 ppm) el Nb y el Pb.

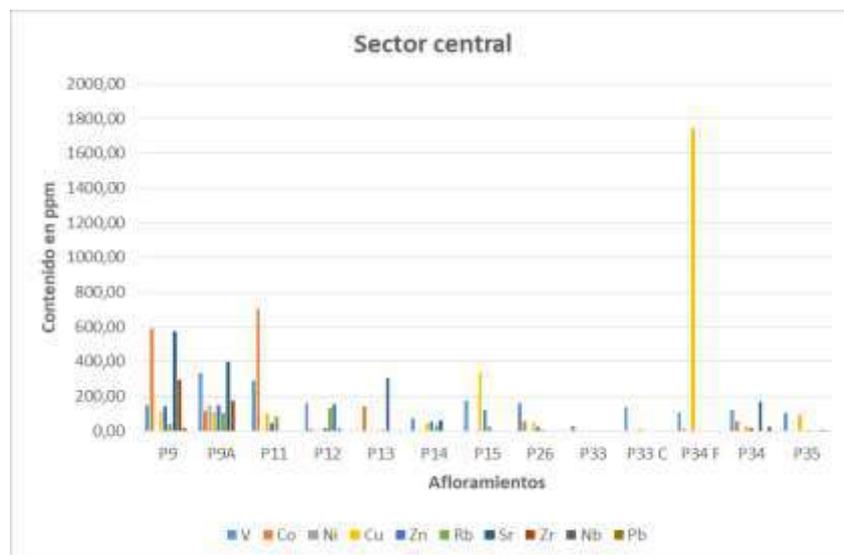


Figura 14. Distribución de los elementos menores en el sector Central de Vipongos.

Para el sector SE (Figura 15) es también el Cu el de mayor contenido (158 ppm a 540 ppm), junto con el V y Zr; el Ni y el Zn superan ligeramente los 100 ppm, todos enmarcados en rocas tipo BIF y esquistos micáceo-cloríticos.

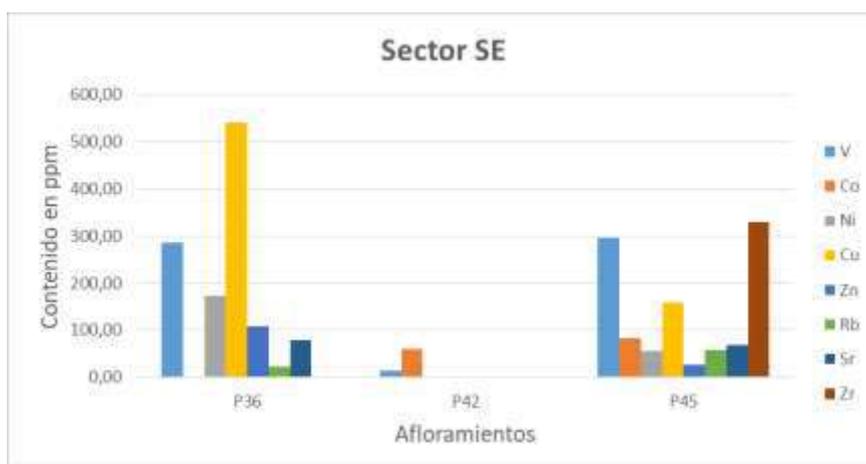


Figura 15. Distribución de los elementos menores en el sector SE de Vipongos.

3.5. Elementos trazas

Se destaca la presencia del In en todas las litologías estudiadas, en cantidades entre 18 ppm y 37 ppm. En tanto la Ag se detecta en los esquistos verdes asociados a los cuerpos BIF, principalmente en la parte central y sureste del área, donde llega a alcanzar entre 55 ppm y 61,16 ppm, probablemente hospedada en las micas y cloritas.

El Ta revela un alto contenido en intrusivos magmáticos intermedios (45 ppm) del sector central, en pequeñas cantidades en rocas volcánicas (5,20 ppm) del NW y en los BIF asociados a los esquistos verdes (2,60 ppm). El Se es abundante (9,32 ppm) en los esquistos verdes del sector central y aparece en menor cantidad en las dolomitas ferrosas (Tabla 3).

Tabla 3. Contenido de los elementos trazas en las rocas asociadas a las formaciones rocosas de tipo BIF en la región de Vipongos

Elementos trazas (contenido en ppm)				
Muestras	Ag	In	Ta	Se
P1	0,00	37,20	0,00	5,29
P2	0,00	20,80	5,20	0,00
P5	19,81	37,20	0,00	0,00
P7	0,00	37,20	0,00	0,00
P9A	0,00	36,70	0,00	0,00
P9B	55,75	34,30	45,00	0,00
P11	2,82	37,20	0,00	0,00
P12	0,00	26,10	0,00	9,32
P13	0,00	37,20	0,00	6,41

P14	0,00	13,80	0,00	0,00
P15	7,11	35,00	0,00	0,00
P26	14,07	37,20	0,00	0,00
P33	0,00	29,90	0,00	0,00
P33 C	25,34	37,20	0,00	0,00
P34 F	31,56	37,20	0,00	2,13
P34	0,00	12,90	0,00	2,59
P35	0,00	23,40	0,00	6,20
P36	58,05	18,80	2,60	0,00
P42	0,00	37,20	0,00	0,00
P45	61,16	37,20	0,00	3,18

4. DISCUSIÓN

Las formaciones de rocas silicatadas ferruginosas bandeadas tipo BIF de Vipongoss aparecen como grandes cuerpos de rocas duras, compactas, parduscas, compuestas principalmente de cuarzo y hematita, de color grisáceo rojizo y parcialmente con carbonatos (calcita y dolomita); estas formaciones están asociadas a esquistos clorítico-micáceos estratificados y plegados.

Los cuerpos de BIF mejor desarrollados afloran en el sector central, donde el componente silíceo principal es el cuarzo mezclado con óxidos de hierro (fundamentalmente hematita y magnetita), en ocasiones se presentan carbonatos como calcita, dolomita y ankerita.

La asociación de las rocas BIF con bloques de chert observada en el sector NW concuerda con lo señalado por Klein (2005) para este tipo de rocas, aunque en este caso los carbonatos más comunes son dolomita y ankerita y no aparece siderita; como silicatos aparecen anortita y diopsido, estando ausentes la greenalita y el estilpnomelana, con ausencia de sulfuros.

En el contexto litológico en que se presentan las BIF en Vipongoss existen rocas volcánicas básicas con alteración hematítica superficial, conglomerados blancos, con granos silíceo-carbonatados y cementados con material amarillento silicatado de clinocloro y muscovita (Figuras 3 y 4) que atestiguan su asociación a las secuencias de esquistos verdes.

Existen diques de rocas gabro-dioríticas que intruyen secuencias de esquistos verdes clorítico-micáceo al nordeste del sector central. Estos intrusivos presentan contenidos notables de Sr (de hasta 573,40 ppm) y

Co (587,90 ppm), así como de Ag (55,75 ppm) y Ta (45 ppm) que superan ampliamente al de las rocas adyacentes.

Gutzmer y otros investigadores (2008) plantean que la transformación de magnetita a hematita en las BIF es favorecida por la existencia de un alto grado de oxígeno debido a la presencia de elementos sensibles al redox, como el Mn y el V. En el sector central de Vipongos tiene lugar este fenómeno (Figura 16) por la presencia, tanto en el intrusivo diorítico (P9 A yB) como en los BIF (P11, P13 y P34), de elementos sensibles al redox como V, Co y Sr.

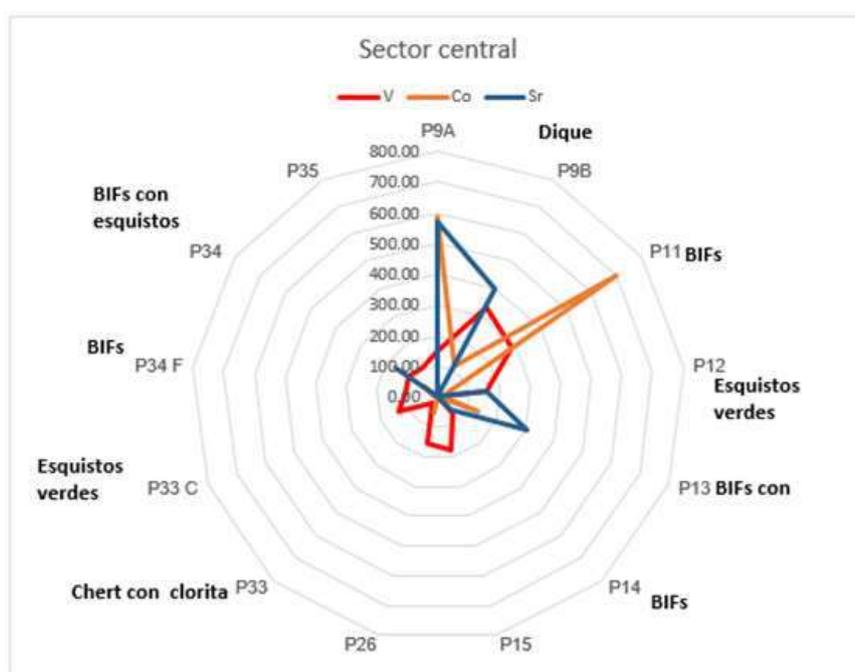


Figura 16. Distribución del V, Co y Sr en el sector central de Vipongos.

La concentración de Ag (Figura 17) en el dique diorítico (punto 9B) y en determinados cuerpos de BIF (punto 34F y P26) asociados a secuencias de esquistos verdes (punto 33C) denota una posible fuente hidrotermal de este metal durante la formación de las secuencias de hierro bandeadas; en tanto el Ta concentrado en el intrusivo diorítico (punto P9B) y rocas volcánicas (punto P2) no es un elemento que delate el proceso de formación de las secuencias BIF.

Resulta una limitante en el presente trabajo no disponer de resultados sobre la presencia de los elementos de tierra raras (ETR) en Vipongos, pues estos se han utilizado durante mucho tiempo como una herramienta para comprender el origen de las formaciones de Fe y la química del antiguo océano (Fryer 1977; Klein y Beukes 1989; Derry y Jacobsen 1990; Bau y Dulski 1996; Kato et al. 1998; Kato, Yamaguchi y Ohmoto 2006; Frei et al. 2008).

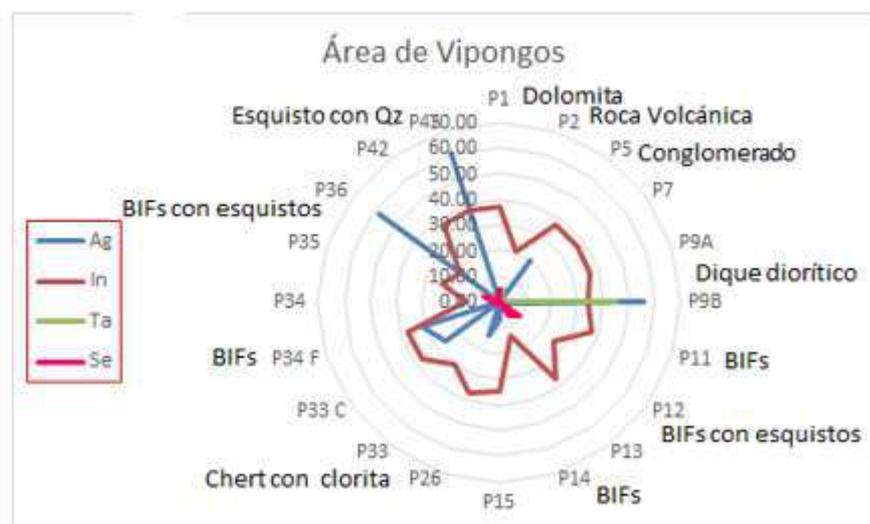


Figura 17. Distribución de los elementos trazas Ag, In, Ta y Se, según los tipos litológicos en Vipongos.

Las rocas sedimentarias tipo BIF reveladas en Vipongos guardan correlación con los itabiritos de la formación Abenab y Hakos Inferior (Martin 1965 y Nascimento *et al.* 2017), del Supergrupo Cinturón móvil Damara, reportado por Beukes (1973). Tal correlación puede establecerse sobre la base de la existencia en ambas de cuerpos de chert (silíceo-carbonatado con Fe), formaciones de rocas BIF con bandas de cuarzo, hematita, calcita y dolomita asociadas a rocas esquistosas, que para el caso de Vipongos es de tipo clorítico micáceo, y en Africa del Sur occidental son más del tipo cuarzo anfibolítico (Tabla 4). Esto es uno de los índices que permite inferir que las BIF de Vipongos pudieran constituir una prolongación en territorio angolano de las BIF sudafricanas.

Por último, atendiendo a los aspectos litológicos y geoquímicos que poseen las BIF en Vipongos, es posible asignarlas a un ambiente de formación del tipo Algoma, pues están íntimamente asociadas a rocas de esquistos verdes y en ocasiones a rocas volcánicas. Además, la presencia en ellas de elementos menores (V, Co y Sr) y trazas (Ag, In y Ta) delatan la existencia de actividad hidrotermal.

Tabla 4. Estratigrafía del Supergrupo Damara (traducido de Martin 1965)

Facies Outjo: Nordeste de Kaokoveld				Facies Swakop: District Windhoek			
Grupo	Formación	Componentes	Potencia máxima (m)	Grupo	Formación	Componentes	Potencia máxima (m)
Mulden		Masiva, clastos de areniscas, esquisto, conglomerado, fangomerado, grauvaca, arenilla, cuarzita y guijarros, areniscas	2 200	Khomas		Biotita-sericita-granate en esquistos con cuarzita micacea intercalada, márbol fino, ortoanfibolita, y serpentinita	10 000
Discordancia							
Otavi	Tsumeb	Dolomita, banda chert oscuro cerca de la parte superior, calizas, pizarra y brecha de caliza con intercalado de cuarcitas cerca de la base	2 300	Hakos	Hakos superior	cuarzita, esquisto muscovita-biotita y márbol	700
	Miembro Tillite	"Tillire", arenisca rica en hierro y esquistos intercalados cerca de la base	600		Miembro Chous tillite	"Tillite", Conglomerado, Filita tillite, cuarzita, e itabirita	600
Discordancia							
	Abenab	Esquistos, arenisca, caliza, dolomita, cuarcita, dolomita con			Hakos inferior	Cuarcita, esquisto de cuarzo, itabirita, esquisto gráfítico,	

	bandas de sílex oolítico negro, intercalaciones de arenisca y conglomerado	2 700	anfibilita de lava máfica, mármol, mármol dolomítico y serpentinita	1 600	
Discordancia					
Nosib	Cuarcita, conglomerado, arenilla, grauvaca, y anfibilita de lava máfica	5 000	Nosib	Esquisto, caliza, dolomita, cuarcita feldspática, cuarcita sericítica, esquisto sericítico y conglomerado	4 000
Discordancia Mayor					

5. CONCLUSIONES

- Las BIF de Vipongos están compuestas por óxidos de hierro: magnetita, hematita, carbonatos (comúnmente dolomita-ankerita, no se detecta siderita) y silicatos como feldespatos (anortita) y piroxenos (diópsido).
- La presencia en estas formaciones ferríticas de elementos sensibles al redox, como el V, Co y Sr, favorece la oxidación de magnetita a hematita durante la génesis de las BIF, en un ambiente con alto grado de oxígeno.
- Las particularidades litológicas y geoquímicas de las BIF en Vipongos permiten atribuirle un ambiente de formación del tipo Algoma. Estas formaciones de hierro parecen constituir una prolongación de las BIF sudafricanas pertenecientes al Supergrupo Cinturón móvil Damara, pues resultan correlacionables con itabiritos de la formación Abenab y Hakos Inferior, con ambiente geológico semejante.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los ingenieros Jocas Simao Kamata y Manuel Paixao Sobrinho por su valiosa colaboración en la campaña de campo y en la preparación de muestras de laboratorio para los análisis químicos y mineralógicos.

7. REFERENCIAS

- Adekoya, J. A.; Okonkwo, C. T. y Adepoju, M. O. 2012: Geochemistry of Muro Banded Iron-Formation, Central Nigeria. *International Journal of Geosciences*, 3(5): 1074-1083. doi: [10,4236/ijg,2012,35108](https://doi.org/10.4236/ijg.2012.35108).
- Anike, O. L.; Umeji, A. C. y Orajaka, I. P. 1993: Geology of Precambrian banded iron-formation from Muro Hill, Nigeria. *Economic Geology*, 88(5): 1237-1241.
- Araújo, A. G. y Guimarães, F. 1992: *Geologia de Angola, Notícia explicativa da Carta Geológica à escala 1: 1 000 000*. Luanda: Serviço Geológico de Angola.
- Bau, M. y Dulski, P. 1996: Distribution of yttrium and rare-earth elements in the Penge and Kuruman iron-formations, Transvaal Supergroup, South Africa. *Precambrian Research*, 79(1-2): 37-55.
- Beukes, N. J. 1973: Precambrian iron-formations of southern Africa. *Economic Geology*, 68(7): 960-1004.
- Beukes, N. J.; De Kock, M. O.; Vorster, C.; Ravhura, L. G.; Frei, D.; Gumsley, A. P. y Harris, C. 2019: The age and country rock provenance of the Molopo Farms Complex: implications for Transvaal Supergroup correlation in southern Africa. *South African Journal of Geology*, 122(1): 39-56.
- Beukes, N. J. y Gutzmer, J. E. N. S. 2008: Origin and paleoenvironmental significance of major iron formations at the Archean-Paleoproterozoic boundary. *Reviews in Economic Geology*, 15: 5-47.
- Bondo, H.F y Carvalho, I. M. 2011: *Caracterização geológica e geotécnica da área de implantação do Novo Porto de Luanda*. Trabalho de fim De Curso. Universidade Agostinho Neto.
- Bontognali, T. R.; Fischer, W. W. y Föllmi, K. B. 2013: Siliciclastic associated banded iron formation from the 3.2 Ga Moodies group, Barberton greenstone belt, South Africa. *Precambrian Research*, 226: 116-124.
- Bronner, G. y Chauvel, J. J. 1979: Precambrian banded iron-formations of the Ijil Group (Kediat Ijil, Reguibat Shield, Mauritania). *Economic Geology*, 74(1): 77-94.
- Caliata, L. A. 2018: *Caracterización mineralógica de las formaciones de rocas ferríferas-silicatadas (tipo BIFs) del área de Vipongoss por Difracción de rayos-x*. Trabajo de diploma. Universidad de Moa. 42 p.
- De Carvallho, H. y Alves, P. 1993: The precambrian of SW Angola and NW Namibia. General remarks. Correlation analysis. In: International Colloquium on Africa Geology. 73-76.
- Departamento de Exploración de Gevale. 2013: Mapa geológico do área Vipongos. Convenio Gevale – Universidade Agotinho Neto. Escala 1:25 000. Sistema de Coordenadas GCS-WGS 84 Zona 335. 001/2013.

- Derry, L. A. y Jacobsen, S. B. 1990: The chemical evolution of Precambrian seawater: evidence from REEs in banded iron formations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54(11): 2965-2977.
- El-Shazly, A. K. y Khalil, K. I. 2014: Banded iron formations of Um Nar, Eastern Desert of Egypt: P-T-X conditions of metamorphism and tectonic implications. *Lithos*, 196: 356-375.
- Fryer, B. J. 1977: Rare earth evidence in iron-formations for changing Precambrian oxidation states. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41(3): 361-367.
- Frei, R.; Dahl, P. S.; Duke, E. F.; Frei, K. M.; Hansen, T. R.; Frandsson, M. M. y Jensen, L. A. 2008: Trace element and isotopic characterization of Neoproterozoic and Paleoproterozoic iron formations in the Black Hills (South Dakota, USA): assessment of chemical change during 2.9–1.9 Ga deposition bracketing the 2.4–2.2 Ga first rise of atmospheric oxygen. *Precambrian Research*, 162(3-4): 441-474.
- Fripp, R. E. P. 1976: Stratabound gold deposits in Archean banded iron-formation, Rhodesia. *Economic Geology*, 71(1): 58-75.
- Gonçalves, A. O. 2008: *Caracterización mineralógica, geoquímica y petrogenética de las pegmatitas graníticas de Giraúl, Namibe, Angola*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Gourcerol, B.; Thurston, P. C.; Kontak, D. J.; Côté-Mantha, O. y Biczok, J. 2016: Depositional setting of Algoma-type banded iron formation. *Precambrian Research*, 281: 47-79.
- Gutzmer, J.; Chisonga, B. C.; Beukes, N. J. y Mukhopadhyay, J. O. Y. D. I. P. 2008: The geochemistry of banded iron formation-hosted high-grade hematite-martite iron ores. *Reviews in Economic Geology*, 15: 157-183.
- Ilouga, D. C. I.; Suh, C. E. y Tanwi, G. R. 2013: Textures and Rare Earth Elements Composition of Banded Iron Formations (BIF) at Njweng Prospect, Mbalam Iron Ore District, Southern Cameroon. *International Journal of Geosciences*, 4(1): 146-165. doi: [10.4236/ijg.2013.41014](https://doi.org/10.4236/ijg.2013.41014).
- Johnson, C. M.; Beard, B. L.; Klein, C.; Beukes, N. J. y Roden, E. E. 2008: Iron isotopes constrain biogenic and abiogenic processes in banded iron formation genesis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(1): 151-169.
- Kato, Y.; Ohta, I.; Tsunematsu, T.; Watanabe, Y.; Isozaki, Y.; Maruyama, S. e Imai, N. 1998: Rare earth element variations in mid-Archean banded iron formations: Implications for the chemistry of ocean and continent and plate tectonics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62(21-22): 3475-3497.
- Kato, Y.; Yamaguchi, K. E. y Ohmoto, H. 2006: Rare earth elements in Precambrian banded iron formations: Secular changes of Ce and Eu

- anomalies and evolution of atmospheric oxygen. *Evol. Early Earth Atmos. Hydros. Biosph. Constraints Ore Depos*, 198: 269.
- Klein, C. 2005: Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origins. *American Mineralogist*, 90(10): 1473-1499.
- Klein, C. y Beukes, N. J. 1989: Geochemistry and sedimentology of a facies transition from limestone to iron-formation deposition in the early Proterozoic Transvaal Supergroup, South Africa. *Economic Geology*, 84(7): 1733-1774.
- Martin, H. 1965: *The Precambrian geology of South West Africa and Namaqualand*. Precambrian Research Unit, University of Cape Town. 159 p.
- Mücke, A. y Annor, A. 1993: Examples and genetic significance of the formation of iron oxides in the Nigerian banded iron-formations. *Mineralium deposita*, 28(2): 136-145.
- Nascimento, D. B.; Schmitt, R. S.; Ribeiro, A.; Trouw, R. A.; Passchier, C. W. y Basei, M. A. 2017: Depositional ages and provenance of the Neoproterozoic Damara Supergroup (northwest Namibia): Implications for the Angola-Congo and Kalahari cratons connection. *Gondwana Research*, 52: 153-171.
- Ndime, E. N.; Ganno, S.; Tamehe, L. S. y Nzenti, J. P. 2018: Petrography, lithostratigraphy and major element geochemistry of Mesoarchean metamorphosed banded iron formation-hosted Nkout iron ore deposit, north western Congo craton, Central West Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 148: 80-98.
- Nforba, M. T.; Kabeyene, V. K. y Suh, C. E. 2011: Regolith geochemistry and mineralogy of the Mbalam itabirite-hosted iron ore district, south eastern Cameroon. *Open Journal of Geology*, 1(02): 17.
- Kamata, J. S. y Sobrinho, M. P. 2015: *Caracterização Mineralógica Das Formações Ferríferas-Silicatas da Região de Vipongoss Sudoeste de Angola*. Trabajo de diploma. Universidad de Luanda. Angola. 77 p.
- Saager, R.; Oberthuer, T. y Tomschi, H. P. 1987: Geochemistry and mineralogy of banded iron-formation-hosted gold mineralization in the Gwanda greenstone belt, Zimbabwe. *Economic Geology*, 82(8): 2017-2032.
- Sampedro-Berges, A. 2014: *Formaciones bandeadas de hierro del SE de Angola: Caracterización mineralógica y textural del yacimiento de Tchamutete*. Trabajo de Grado. Universidad de Zaragoza. 28 p.
- Sinués, J.; Subías, I.; Fanlo, I. y Manuel, J. 2011: Geology and mineralogy of the Cateruca BIF deposit (Huila province, Angola). In: 11th SGA

- Biennial Meeting, Lets Talk Ore Deposits. 26-29 September 2011, Antofagasta, Chile.
- Sylvestre, G.; Laure, N. T. E.; Djibril, K. N. G.; Arlette, D. S.; Cyriel, M.; Timoléon, N. y Paul, N. J. 2017: A mixed seawater and hydrothermal origin of superior-type banded iron formation (BIF)-hosted Kouambo iron deposit, Palaeoproterozoic Nyong series, Southwestern Cameroon: constraints from petrography and geochemistry. *Ore Geology Reviews*, 80: 860-875.
- Smillie, Z.; Scott, P. W.; Osman, A. M. M. y Hilmy, M. E. 2002: Mineralogy and geochemistry of some Proterozoic Banded Iron Formations from the Eastern Desert of Egypt. In: 18th International Mineralogical Association Congress. Edinburgh International Conference Centre, 1-6 September.
- Taman, Z. I.; Scott, P. W.; Osman, A. and Hilmy, M. E. 2002: Mineralogy and geochemistry of some Proterozoic Banded Iron Formations from the Eastern Desert of Egypt. In: 18th General meeting of the INTERNATIONAL MINERALOGICAL ASSOCIATION. Edinburgh International Conference Centre, 1-6 September.
- Taman, I. 2005: *Mineralogical and Geochemical Studies on Some Banded Iron Formations from the Eastern Desert of Egypt, and Their Industrial Uses*. Thesis. Ain Shams University. 325 p.
- Teutsong, T.; Ndjigui, P. D.; Bontognali, T. R.; Vance, D. y Teagle, D. 2015: Petrography and Geochemistry of the Bikoula Banded Iron formations in the Ntem Complex, Southern Cameroon: First Results. In: Proceedings of the 13th Biennial SGA Meeting. 24-27 August, Nancy, France, 3: 1135-1138. Asga-Assoc Scientifique Geologie & Applications.
- Trendall, A. F. y Blockley, J. G. 1970: The iron formations of the Precambrian Hamersley Group, Western Australia: West. *Australia Geol. Survey Bull*, 119.
- Tsikos, H. y Moore, J. M. 1997: Petrography and geochemistry of the Paleoproterozoic Hotazel Iron-Formation, Kalahari manganese field, South Africa; implications for Precambrian manganese metallogenesis. *Economic Geology*, 92(1): 87-97.

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

AOG: Idea del estudio, campaña de campo durante el reconocimiento y muestreo, envío de muestras a los laboratorios en el extranjero y aprobación de la versión final del manuscrito.

ALRP: idea primaria de la investigación sobre las formaciones ferrosas tipo BIF al sur de Angola, descripción e identificación de las muestras, procesamiento con técnicas de DRX e interpretación de los difractogramas; revisión y aprobación de la versión final del manuscrito.

LAAC: búsqueda de información mineralógica sobre las formaciones ferrosas tipo BIF al sur de Angola, interpretación de registros de DRX y aprobación de la versión final del manuscrito.

ORCID

AOG, <https://orcid.org/0000-0002-9172-5562>

ALRP, <https://orcid.org/0000-0002-9880-6744>

LAAC, <https://orcid.org/0000-0002-0002-3113>

Recibido: 09/09/2020

Aceptado: 05/10/2020