

Identificación de las Mineralizaciones de Cobre Aflorantes en el Corregimiento de San José de Oriente, La Paz, Cesar

Identification Outcropping Copper Mineralization in the Township of San Jose de Oriente, La Paz, Cesar

*Karol Cardeño Villegas**

*Eliás Ernesto Rojas Martínez***

*Dino Carmelo Manco Jaraba****

*Rony Rafael Cárdenas López*****

RESUMEN

Al suroeste del corregimiento de San José de Oriente, en el sector conocido como La Lagunita, municipio de La Paz, departamento del Cesar, se realizaron estudios exploratorios de geología superficial en la formación La Quinta, permitiendo identificar afloramientos de las zonas mineralizadas y unidades litoestratigráficas presentes en la área. Se tomaron cuatro muestras entre la zona de contacto, roca, caja y mineral, mediante el método Rock Chip, de las cuales se envió una a análisis cualitativo mediante el estudio de difracción de rayos X y otra a un análisis cuantitativo mediante absorción atómica en los laboratorios de la Universidad Industrial de Santander, para determinar minerales asociados y el porcentaje de cobre presente en las manifestaciones.

A partir de los resultados obtenidos con el análisis de difracción de rayos X, se identificaron los minerales constituyentes de las rocas tales como: Cuarzo SiO_2 , Albita $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, Clinocloro $(\text{Mg, Fe, Al})_6((\text{OH})_8(\text{Al, Si})_4\text{O}_{10})$, Hematita Fe_2O_3 , Ortoclasa KAlSi_3O_8 , Illita $(\text{K, H}_3\text{O})(\text{Al, Mg, Fe})_2(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$, Glagolevita $\text{NaMg}_6[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH, O})_8\text{H}_2\text{O}$, Malaquita $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ y mediante los resultados de absorción atómica se logró verificar la alta concentración de cobre-Cu de 1,45 %.

Palabras clave: Cobre, Formación La Quinta, Malaquita, Exploración geológica de superficie, Rock Chip.

ABSTRACT

Southwest of the township San Jose de Oriente, in the area known as La Lagunita, La Paz municipality, Cesar department, exploratory studies of surface geology were performed on La Quinta formation, allowing identify outcrops of mineralized zones and litho stratigraphic units in the area. Four samples were taken in the contact zone, host, rock and mineral, by Rock Chip method; one of which was sent to qualitative analysis by studying X-ray diffraction and the other was sent to quantitative analysis by atomic absorption in the Industrial University of Santander laboratories, to determine associated minerals and the copper percentage present in the manifestation.

From the results obtained with the X-ray diffraction analysis, the constituent minerals or rocks were identified such as: Quartz (SiO_2), Albite $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, Clinocllore $(\text{Mg, Fe, Al})_6((\text{OH})_8(\text{Al, Si})_4\text{O}_{10})$, Hematite (Fe_2O_3), Orthoclase (KAlSi_3O_8), Illite $(\text{K, H}_3\text{O})(\text{Al, Mg, Fe})_2(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$, Glagolevite $\text{NaMg}_6[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH, O})_8\text{H}_2\text{O}$, Malachite $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ and by the atomic absorption results was achieved verify the high concentration of copper-1,45 % Cu.

Key words: Cooper, La Quinta formation, Malachite, Surface geological exploration, Rock Chip.

* Ingeniero de Minas. karol-1130@hotmail.com

** Geólogo, Especialista en Minería a cielo abierto, Sociedad Colombiana de Geología. elias.rojas@telecom.com.co

*** Ingeniero de Minas, Especialista en Ingeniería Ambiental. dinomancojaraba@gmail.com

**** Estudiante de Ingeniería de Minas, Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar.

rocardenas6@areandina.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

San José de Oriente, corregimiento del municipio de La Paz, departamento del Cesar, es una zona rica geológicamente ubicada en la formación La Quinta (Lq), constituida por una sucesión monótona de limolitas rojas silíceas, ocasionalmente arenosas, macizas de estratificación plano paralela, generalmente desde láminas delgadas hasta capas muy gruesas. Presenta laminación interna plana paralela a ligeramente ondulada, con venas de calcita y manifestaciones de malaquita.

El área de estudio está localizada en el extremo nororiental de Colombia, en el departamento del Cesar, municipio de La Paz, hace parte de un sector de la Serranía de Perijá, limitado por el occidente con la Sierra Nevada de Santa Marta y el valle del río Cesar, supliéndose hidrográficamente por el río Chiriamo. Con coordenadas geográficas $10^{\circ} 20'57.70''$ N, $73^{\circ} 02' 74''$ W y posee una latitud de 10.3487 y longitud de -73.0445 (Figura 1).

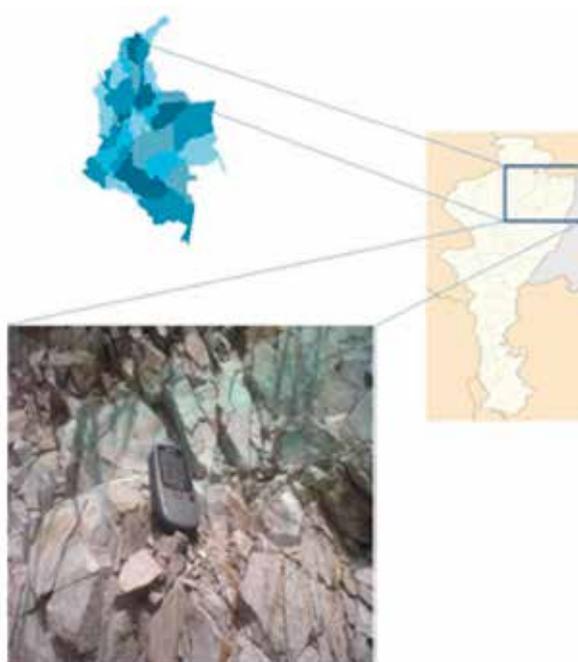


Figura 1. Localización del área de estudio

Fuente: datos de campo

A. Geología

En el contexto regional el área de estudio hace parte del Terreno Perijá [1], caracterizado fundamentalmente por “formaciones metamórficas, filitas de edad predevoniana, intrusivos hipoabisales y una potente secuencia sedimentaria clástica y bioclástica devónica y pérmica, secuencia volcánogénica juratriásica, secuencias marinas cretácicas y sedimentos terciarios continentales”, [1], [2], [3], [4], [5].

B. Litoestratigrafía

Formación La Quinta (Lq)

Es el conjunto litológico de mayor extensión en el área investigada, constituido por sedimentos de origen continental de edad precretácica, por lo general de color rojo, con ambiente de sedimentación y presencia de materiales volcánicos intercalados.

El carácter de la formación es prevalementemente detrítico, pero además de las rocas de origen puramente detrítico, son muy abundantes las de origen volcánico y las rocas híbridas, que resultan de la mezcla íntima de una parte detrítica y de otra volcánica [6].

Esta unidad ha sido correlacionada con la formación Guatapurí [7] [8], la formación Jordán [9], la formación Norean [10] y es equivalente con la formación Saldaña [11].

La Quinta sedimentaria (Jq)

Se considera como un conjunto inferior con espesor promedio de 250 metros, constituido por areniscas de grano fino silíceas, rojizas con variaciones a violetas, micáceas, duras, macizas, bien estratificadas en bancos de más de 20 metros de potencia con pequeñas intercalaciones arcillosas (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Unidad litológica La Quinta (Jq). los afloramientos corresponden a areniscas y expresiones geomorfológicas de altas pendientes y abruptas que genera el paisaje

Fuente: Datos de campo

La Quinta vulcanoclástica

Conjunto de más de 150 metros de espesor, de vulcanitas ácidas, cuarzolitas intercaladas con bancos de areniscas rojas silíceas compactas de 1 a 2 metros de potencia (Figura 2).



Figura 3. Potente afloramiento de la Unidad La Quinta Sedimentaria (Jq), en el sector de la Laguna, San José de Oriente, La Paz, Cesar. Se observa la presencia de sectores mineralizados (Mi) N1113456, E1634246, H 1076m

Fuente: Datos de campo

Falla Caracolí

En la Plancha 65 Tamalameque [12], ubican la Falla Caracolí al oriente de la localidad El Burro. Pone en contacto metasedimentos de la unidad metasedimentaria de la virgen con la secuencia volcanoclástica jurásica, metalimolitas grises verdosas localmente rojizas, filitas grises verdosas o violáceas, metaconglomerados de color gris claro a rosado y metalodolitas grises a gris verdoso [13]; hacia el sur termina contra una de las fallas del Sistema NE-SW; hacia el norte se divide en dos ramas: la más occidental, con dirección N-NW-S-SE, tiene su última expresión en la Loma Palenquera de Piedra, al occidente de Curumaní, donde sedimentos recientes la cubren; la rama oriental se prolonga por la quebrada Animito, su extensión en superficie es menor, y su interés radica en que el probable trazo de falla, cubierto por Cuaternario, enlaza con la Falla Caracolcito [14], en la parte sur de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 4).



Figura 4. Mapa geológico

Fuente: <http://www2.sgc.gov.co/Geologia/Mapa-geologico-de-Colombia.aspx>

2. METODOLOGÍA

Se realizaron estudios de difracción de rayos X y absorción atómica, para determinar los minerales asociados a la mineralización, al igual que el porcentaje de cobre presente en las manifestaciones y demás características del mineral en prospección.

METODOLOGÍA PARA DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Preparación de la Muestra

La muestra fue pulverizada en un mortero de ágata y llevada a un tamaño de 38 μm (400 mesh). El espécimen seleccionado de la muestra fue montado en un portamuestra de polimetilmetacrilato (PMMA) mediante la técnica de llenado frontal.

Toma de Datos de Difracción

Se realizó en un difractómetro de polvo marca BRUKER modelo D8 ADVANCE con Geometría DaVinci bajo las siguientes condiciones:

- Voltaje 40(kV)
- Corriente 30(mA)
- Rendija de Divergencia 0,6 mm
- Rendijas Soller Primario 2,5°
- Muestreo 0,01526° 2theta
- Rango de Medición 3,5-70° 2theta
- Radiación CuK α 1
- Filtro Níquel
- Detector Lineal LynxEye
- Tipo de barrido A pasos
- Tiempo de muestreo 0,4 segundos

Tipo de Análisis

Análisis Cualitativo

El análisis cualitativo de las fases presentes en la muestra se realizó mediante comparación del perfil observado con los perfiles de difracción reportados en la base de datos PDF-2 del International Centre for Diffraction Data (ICDD).

3. RESULTADOS

Las mineralizaciones están ubicadas a 2 km aproximadamente de San José de Oriente, al SW de esta población, en un sector conocido como La Laguna. En el área estudiada se pueden identificar las siguientes mineralizaciones:

Zona Mineralizada 1

Localizada a 2125,42 metros de San José, dentro de las coordenadas N 1113905, E 1634191 con una altura de 1065 msnm. Se presenta en rocas sedimentarias areniscas, con una longitud de 30 metros y una amplitud de 100 cm. Estas mineralizaciones se encuentran asociadas a malaquita, la roca huésped corresponde a una arenisca de grano muy fino, matriz limosa y cemento ferruginoso con granos A muy redondeados (Figura 5).



Figura 5. Areniscas rojas de la formación La Quinta (Jq) con presencia de malaquita, coordenadas N 1113905, E 1634191 y altura 1065 msnm

Fuente: Datos de campo

Zona Mineralizada 2

El afloramiento 2 se encuentra ubicado a 56,45 metros de la mineralización 1 dentro de las coordenadas N 1113856, E 1634219, a una altura de 1112 msnm.

Posee una longitud de 20 metros con una amplitud de 1,5 metros. Hace parte de la formación La Quinta (Jq), la roca huésped corresponde a areniscas rojas de grano fino con cemento ferruginoso, fácilmente se observa coloración verdosa, lo que corresponde a la presencia de malaquita (Figura 6).



Figura 6. Areniscas rojas de grano fino con cemento ferruginoso, coordenadas N 1113856, E 1634219 y altura de 1112 msnm

Fuente: Datos de campo

Zona Mineralizada 3

Ubicada dentro de las coordenadas N 1113880, E 1634299 y altura 1122 msnm. A una distancia de 86,06 m del afloramiento 2. Con una longitud de 10 metros y amplitud de 65 cm. Roca caja arenisca acompañada de malaquita (Figura 7).



Figura 7. Roca caja arenisca acompañada de malaquita, coordenadas N 1113880, E 1634299 y altura 1122 msnm

Fuente: Datos de campo

Zona Mineralizada 4

Se encuentra a una distancia de 26 a 63 metros con coordenadas N 1113908, E 1634217, altura 1121 msnm. Arenisca con mineralizaciones de malaquita. Esta mineralización cuenta con una longitud de 10 metros y una amplitud de 80 cm.



Figura 8. Arenisca con mineralizaciones de malaquita, coordenadas N 1113908, E 1634217 y altura 1121 msnm

Fuente: Datos de campo

Se efectuó análisis cuantitativo por difracción de rayos X y absorción atómica a dos muestras de las cuatro áreas seleccionadas ubicadas en diferentes zonas del área de estudio cuyos resultados se presentan en el siguiente apartado.

ANÁLISIS CUANTITATIVO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

La muestra M-011 fue enviada al laboratorio de difracción de rayos X de la Universidad Industrial de Santander (UIS), a la cual se le hizo análisis cuantitativo por difracción de rayos X (Figura 9 y Tabla 1).

Tabla 3. Composición de la muestra M-011

	Fase	Nombre
Cristalinos	SiO_2	Cuarzo
	$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Albita
	$(\text{Mg, Fe, Al})_6((\text{OH})_8(\text{Al, Si})_4\text{O}_{10})$	Clinocloro
	Fe_2O_3	Hematita
	KAlSi_3O_8	Ortoclase
	$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$	Malaquita
	$(\text{K, H}_3\text{O})(\text{Al, Mg, Fe})_2(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$	Illita
	$\text{NaMg}_6[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH, O})_8\text{H}_2\text{O}$	Glagolevita

Fuente: Laboratorios de la Universidad Industrial de Santander (UIS)

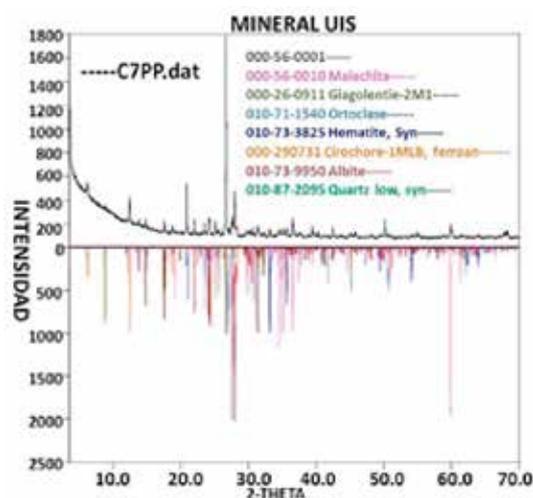


Figura 9. Diagrama de difracción de rayos X

Fuente: Laboratorios de la Universidad Industrial de Santander (UIS)

El análisis cualitativo realizado a la muestra M-011 arrojó como resultado varios minerales, dentro de estos tenemos el cuarzo SiO_2 , mineral más común en la tierra, perteneciente al grupo de los óxidos. Se encuentra en casi cada ambiente geológico y es por lo menos un componente de casi todos los tipos de roca. Es con frecuencia el mineral primario, el 98 %; también el más variado en términos de

variedades, colores y formas [15]. La muestra también nos arroja presencia de albita $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, una de las principales especies del grupo de las plagioclasas, que está constituida por una serie isomorfa que tiene por extremos la albita. En el grupo el calcio y el sodio pueden asociarse entre sí en proporciones muy variables, originando una serie continua de minerales que puede estar formada por todas las composiciones posibles en las que el sodio (albita) es sustituido por calcio (anortita). Pertenece al grupo de los silicatos.

Otro mineral encontrado en la muestra analizada, el clinocloro $(\text{Mg}, \text{Fe})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, también perteneciente al grupo de los silicatos, es un aluminosilicato de magnesio, hierro y aluminio, con otros posibles elementos. Suele tener aspecto de cristales pseudohexagonales, aunque también aparece como masivo o laminar [16].

Tabla 2. Porcentaje de cobre de la muestra M-004

Análisis Físicoquímico		
Codificación de la muestra: 13-413-01 Tipo de muestra: Puntual		
Identificación de la muestra: Roca		
Matriz de la muestra: Agua cruda		
Muestreo realizado por: El cliente		
Lugar y punto de la muestra: Cesar/San José de Oriente		
Fecha del muestreo: Junio 13 de 2013		
Parámetro	Resultado	Método
Cobre (%Cu)	1,45	Absorción Atómica

Fuente: Laboratorio químico de consultas industriales de la Universidad Industrial de Santander (UIS)

En el mismo orden de los minerales encontrados, tenemos la hematita (Fe_2O_3) , con apariencia de color gris metálico, constituye una importante mina de hierro, ya que en estado puro contiene un 70 % de este metal; es el principal mineral usado para la extracción de hierro, agente para pulido. En la antigüedad se usaba la variedad especularia para la fabricación de espejos, se ha encontrado gran número en tumbas egipcias. La variedad terrosa se empleaba para marcar el ganado y además como pigmento [17].

Otro silicato presente es la ortoclasa KAlSi_3O_8 , es uno de los minerales formadores de las rocas más abundantes en la corteza terrestre. También se conoce con el nombre de feldespato o feldespato ortosa, pero estos nombres no son del todo correctos, ya que no definen al mineral sino a un grupo de minerales del que la ortoclasa forma parte. Dentro de los silicatos también encontramos la illita $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$, este es un mineral de la clase nueve silicatos, según la clasificación de Strunz, del grupo de las micas. Es una arcilla no expansiva, micácea. La illita es un filossilicato o silicato laminar; es común en sedimentos, suelos, rocas arcillosas sedimentarias, y en rocas metamórficas.

De los minerales encontrados, la malaquita $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, dihidróxido de carbonato de cobre, es directamente asociado al cobre, ya que representa un 57,0 % de cobre. Este mineral se encuentra ubicado dentro del grupo de los carbonatos.

ANÁLISIS DE ABSORCIÓN ATÓMICA

La muestra M-004 fue enviada al laboratorio químico de consultas industriales de la Universidad Industrial de Santander (UIS) a la cual se le realizó análisis de absorción atómica, donde se obtuvo como resultado un 1,45 % en contenido neto de cobre.

4. CONCLUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos con el análisis de difracción de rayos X, realizado a la muestra tomada en la zona, se identificaron los diferentes minerales constituyentes de las rocas en estudio, estos son: Cuarzo SiO_2 , Albita $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, Clinocloro $(\text{Mg, Fe, Al})_6((\text{OH})_8(\text{Al, Si})_4\text{O}_{10})$, Hematita Fe_2O_3 , Ortoclasa KAlSi_3O_8 , Illita $(\text{K, H}_3\text{O})(\text{Al, Mg, Fe})_2(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$, Glagolevita $\text{NaMg}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH, O})_8\text{H}_2\text{O}$ y finalmente Malaquita $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ y mediante el estudio de absorción atómica se pudo verificar que estas mineralizaciones de cobre poseen una concentración de 1,45 %.

Se evidenciaron formaciones metamórficas de edad predevoniana, intrusivos hipoabisales, una secuencia sedimentaria clástica, volcanogénica juratriásica y una secuencia marina del cretáceo de diversos ambientes de formación.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Etayo, et al. "Mapa de terrenos geológicos de Colombia", Pub. *Geol. Esp. Ingeominas*. vol. 14, n°. 1, pp. 1235, 1986.
- [2] A. Forero, "Estratigrafía del precretácico en el flanco occidental de la Serranía de Perijá", U. Nal. *Geol. Col.*, n°. 7, pp. 7-78. Bogotá, 1970.
- [3] C. García, *Proyecto Cesar-Ranchería*, informe final, Tomo IV Integración, Tomo V Prospectos. Bogotá: Empresa Colombiana de Petróleos. Ecopetrol. Referencia 101, 1990.
- [4] C. Ortega, E. Rojas & D. Manco, "Depósitos estrato confinados de cobre en el municipio de San Diego", Cesar, Serranía del Perijá, *Revista Prospectiva*. vol. 10, n°. 1, pp. 28-36, 2012.
- [5] C. Ortega, E. Rojas & D. Manco, "Mineralización de cobre en el sector de San Diego", Serranía del Perijá, *Geología Colombiana*, 51-52, 2012. Bogotá: U. Nal.
- [6] L. Radelli, "Acerca de la geología de la Serranía de Perijá entre Codazzi y Villanueva (Magdalena-Guajira, Colombia)". *Geol. Col.*, n°. 1, pp. 23-41, 1962. Bogotá: U. Nal.
- [7] C.M. Tschanz, A. Jimeno & C. Vesga, *Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta area* (Colombia). República de Colombia. Instituto de Investigaciones e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. 1969, 288 p.

- [8] Secretaría de Planeación, departamento de Santander y Universidad Industrial de Santander. *Santander 2030, Diagnóstico dimensión biofísico ambiental territorial de Santander*, pp. 36-58, 2011.
- [9] A. Arias & R. Vargas, "Geología de las Planchas 86 Ábrego y 97 Cáchira", *Bol. Geol.* vol. 23, n°. 2, 1978, Ingeominas.
- [10] J. Clavijo, G. Barbosa, L. Bernal, Mapa Geológico de la Plancha 75, "Aguachica", Escala 1:100.000, Ingeominas, Bogotá, 1995.
- [11] F. Cediél, J. Mojica & C. Macías, "Las Formaciones Luisa, Payandé y Saldaña y sus columnas estratigráficas", *Geología Norandina*, vol. 3, pp. 11-19, 1981.
- [12] J. Royero, J. Clavijo & L. Bernal, Mapa Geológico de la Plancha 65 "Tamalameque", Escala 1:100.000, Ingeominas, Bogotá, 1998.
- [13] C. Ortega, E. Rojas & D. Manco, "Exploración geoquímica de los recursos auríferos en el sector de Saloa (Chimichagua), Cesar", *Revista Ingenium*, vol. 8, n°. 20, pp. 27-38, 2014.
- [14] C.M. Tschanz, A. Jimeno & C. Vesga, *Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta area (Colombia)*. República de Colombia. Instituto de Investigaciones e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. 1969, 288 p.
- [15] I. Garcés, *Ficha de minerales industriales: Cuarzo (SiO₂)*. Universidad de Antofagata. Ficha técnica. Disponible en: <http://www.uantof.cl/salares/Fichas/Cuarzo.pdf>
- [16] K. Cornelis, S. Cornelius Jr., *Manual de Mineralogía* vol. 2 cuarta edición. Basado en la obra de J. D. Dana. Versión española por Dr. J. Aguilar Peris, catedrático Universidad Complutense de Madrid. Barcelona-España: Editorial Reverté S.A., 1997.
- [17] K.J. Vaughn, J.W. Eerkens, M. Linares Grados & M.J. Edwards, "Hematite mining in the ancient Americas: Mina Primavera, a 2,000 year old Peruvian mine", *Journal of Management*, vol. 59, pp. 21-25, 2007.

SITIOS WEB VISITADOS

<http://www.andeangeology.cl/index.php/revista1/article/view/V1n1-a05/pdf>

<http://www.cesco.cl/>

<http://www.cochilco.cl/estudios/info-cobre.asp>

<http://copperalliance.es/>

http://www.scielo.org/ve/scielo.php?pid=S0535-51332013000100005&script=sci_arttext