

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Geológica

“CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA EN SUELOS
PARA DETERMINAR LA DISPERSIÓN
SECUNDARIA DE CU, AG, PB, ZN ALREDEDOR
DEL INTRUSIVO YANAQUERO - SECTOR
MICHICUILLAY 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Jaime Renato Abanto Novoa

Marie Anne Sánchez Pajares

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

Cajamarca - Perú

2021

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. Hipótesis.....	16
1.4.1. Hipótesis general.....	16
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	17
2.1. Tipo de investigación	17
2.2. Población y muestra	17
2.2.2. Muestra.....	17
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	17
2.3.1. Técnicas de recolección de datos	17
2.3.2. Instrumentos de recolección de datos	18
2.3.3. Materiales y Equipos.....	18
2.3.4. Análisis de datos	18
2.4. Procedimiento.....	19
2.4.1. Etapa Pre Campo - Gabinete I.....	19
2.4.1.1. Revisión bibliográfica	19
2.4.1.2. Delimitación y elaboración de malla de muestreo en la zona de estudio ..	19
2.4.1.3. Elaboración de formatos de recolección de datos e información complementaria.....	21
2.4.2. Etapa de Campo	21
2.4.2.1. Muestreo de suelos.....	21
2.4.2.2. Recolección de datos geológicos	25
2.4.3. Etapa Post Campo – Gabinete II.....	26
2.4.3.1. Análisis en Laboratorio	26
2.4.3.1.1. Laboratorio de Mecánica de Suelos	26
2.4.3.1.2. Laboratorio Químico	26

2.4.3.1.3.	Laboratorio de Espectrofotometría de Absorción Atómica - AAS	27
2.4.3.2.	Gabinete II - Procesamiento de datos	28
2.4.3.2.1.	Tratamiento Estadístico.....	28
2.4.3.2.2.	Caracterización de los parámetros físico químicos:.....	38
2.4.3.2.3.	Parámetros Geoquímicos:	40
2.4.3.2.4.	Elaboración de Planos Geoquímicos en GIS	41
2.5.	Aspectos Generales	42
2.5.1.	Ubicación	42
2.5.2.	Accesibilidad.....	43
2.5.3.	Clima y Vegetación.....	43
2.6.	Aspectos Éticos	44
CAPÍTULO III. RESULTADOS		45
3.1.	Geología Local del depósito.....	45
3.1.1.	Unidades Litoestratigráficas y Rocas Ígneas	45
3.1.1.1.	Cenozoico.....	45
3.1.1.1.1.	Cuaternario Pleistoceno - Holoceno.....	45
3.1.1.1.2.	Neógeno – Mioceno	45
3.1.1.2.	Mesozoico	46
3.1.1.2.1.	Cretáceo Inferior	46
3.1.2.	Geología Estructural	49
3.1.3.	Brechas.....	52
3.1.4.	Alteración y Mineralización.....	54
3.2.	Muestras Superficiales Representativas	59
3.3.	Tratamiento Estadístico.....	64
3.3.1.	Prueba Estadística General.....	64
3.3.1.1.	Interpretación	66
3.3.2.	Identificación de Valores altos erráticos con Gráficas de Control.....	67
3.3.3.	Gráficas de Control sin valores altos erráticos.....	69
3.3.3.1.	Interpretación	70
3.3.4.	Prueba de Normalidad de Anderson Darling (AD).....	71
3.3.4.1.	Interpretación	72
3.3.5.	Normalización de datos con Logaritmo Natural (Ln).....	73
3.3.5.1.	Interpretación	74
3.3.6.	Estadística Descriptiva Univariable:.....	75
3.3.6.1.	Interpretación	77
3.3.7.	Estadística Descriptiva Bivariable – Correlación Pearson:.....	78
3.3.7.1.	Interpretación	79
3.3.8.	Caracterización de los parámetros físico-químicos.	80
3.3.8.1.	Color y Ph	80

3.3.9. Dispersión Geoquímica Secundaria.....	83
3.3.9.1. Cobre.....	83
3.3.9.1.1. Interpretación de Cobre.....	85
3.3.9.2. Plata.....	86
3.3.9.2.1. Interpretación de Plata.....	88
3.3.9.3. Plomo.....	89
3.3.9.3.1. Interpretación de Plomo.....	91
3.3.9.4. Zinc.....	92
3.3.9.4.1. Interpretación de Zinc.....	94
3.3.10. Zoneamiento Geoquímico Superficial.....	95
3.3.10.1. Interpretación.....	94
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	97
4.1 Discusión.....	97
4.2 Conclusiones.....	100
REFERENCIAS.....	102
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Técnicas Analíticas y Límites de detección.	29
Tabla 2 Rangos de Correlación Positiva y Negativa Bivarial.	37
Tabla 3 Clasificación de Anomalías.	41
Tabla 4 Tabla de Coordenadas del Área de Estudio.	43
Tabla 5 Tabla de accesibilidad y tiempo de tramo.	43
Tabla 6 Muestra del Pórfido Diorítico.	59
Tabla 7 Muestra del Pórfido de Diorítico con alteración Fílica.	60
Tabla 8 Muestra de Brecha Hidrotermal.	61
Tabla 9 Muestra de Brecha Hidrotermal N°2.	62
Tabla 10 Muestra de Intrusivo Diorítico con Predominancia de Vetillas	63
Tabla 11 Valores positivos y negativos para la correlación Pearson.	79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Mapa de ubicación inicial de puntos de muestreo	20
Figura 2 Mapa de ubicación final de puntos de muestreo	24
Figura 3 Cartografiado con el método de transectas o perfiles.	25
Figura 4 Creación del resumen gráfico de datos de entrada en Minitab	29
Figura 5 Resumen estadístico gráfico - descriptivo de Cu con datos de entrada.	30
Figura 6 Creación de graficas de control en el Minitab.	31
Figura 7 Tablas de control con valores altos erráticos y valores altos.	31
Figura 8 Selección de prueba Normalidad de la población de datos – Estadístico AD.	32
Figura 9 Prueba de normalidad según Anderson Darling (AD).....	33
Figura 10 Transformación de la población de datos a Logaritmo Natural.....	34
Figura 11 Prueba de normalidad de datos transformados a Logaritmo Natural.....	34
Figura 12 Cálculo de estadísticos descriptivos univariables.	35
Figura 13 Tipos de Correlación Bivariar Pearson	37
Figura 14 Procedimiento para elaborar la matriz de correlación bivariar Pearson.....	38
Figura 15 Procedimiento del conteo de valores del Color y pH	39
Figura 16 Procedimiento categorizar el color de la muestra en diagramas de caja.....	39
Figura 17 Creación de mapas de dispersión - interpolación IDW ArcGIS.....	42
Figura 18 Vegetación de zona de estudio.....	44
Figura 19 Intrusivo Yanaquero - Pórfido Diorítico.....	46
Figura 20 Calizas aflorando en corte de carretera	47
Figura 21 Calizas aflorando cerca de puntos de muestreo	48
Figura 22 Fósiles dentro de la litología sedimentaria.....	49
Figura 23 Stockwork en alteración Argílica.....	50
Figura 24 Stockwork en Pórfido Diorítico con relaciones de corte	51
Figura 25 Falla local en el Pórfido Diorítico.....	51
Figura 26 Brecha Hidrotermal en cuerpo tabular sub horizontal	52
Figura 27 Brecha Hidrotermal en cuerpo tabular horizontal.....	53
Figura 28 Brecha hidrotermal en cuerpo tabular.....	54
Figura 29 Afloramiento de la alteración Fílica.	56
Figura 30 Afloramiento de la alteración Argílica	57
Figura 31 Afloramiento de la alteración Argílica	57
Figura 32 Mapa litológico – estructural	58
Figura 33 Resumen estadístico de Cu con valores iniciales.....	64

Figura 34	Resumen estadístico de Ag con valores iniciales	64
Figura 35	Resumen estadístico de Pb con valores iniciales	65
Figura 36	Resumen estadístico de Zn con valores iniciales	65
Figura 37	Gráficas de control de Cu, Ag, Pb y Zn – valores iniciales	67
Figura 38	Graficas de control de Cu, Ag, Pb – Sin valores altos erráticos	69
Figura 39	Prueba de normalidad de Cu, Ag, Pb y Zn con estadístico AD	71
Figura 40	Prueba de normalidad de Cu, Ag, Pb y Zn en base al Logaritmo Natural (Ln).....	73
Figura 41	Resumen estadístico final de LnCu.....	75
Figura 42	Resumen estadístico final de LnAg	75
Figura 43	Resumen estadístico final de LnPb	76
Figura 44	Resumen estadístico final de LnZn (ppm).....	76
Figura 45	Correlación bivariable Pearson entre Cu, Ag, Pb y Zn con valores en base a Ln... 78	
Figura 46	Colores identificados en laboratorio	81
Figura 47	Caracterización del color vinculado al contenido metálico en Cu, Ag, Pb y Zn	82
Figura 48	Caracterización del color y pH vinculado al contenido metálico en Cu	83
Figura 49	Dispersión secundaria de Cobre.....	84
Figura 50	Caracterización del color y pH vinculado al contenido metálico en Cobre.....	86
Figura 51	Dispersión secundaria de Plata	87
Figura 52	Caracterización del color y pH vinculado al contenido metálico en Plomo	89
Figura 53	Dispersión secundaria de Plomo.....	90
Figura 54	Caracterización del color y pH vinculado al contenido metálico en Zinc	92
Figura 55	Dispersión secundaria de Zinc	93
Figura 56	Zoneamiento geoquímico de Cu-Pb-Zn.....	95

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue conocer la Dispersión Secundaria de Cobre, Plata, Plomo y Zinc determinada por la caracterización geoquímica en suelos alrededor del intrusivo Yanaquero en el Sector Michiquillay; para ello se recolectó 38 muestras de suelos en una malla de muestreo rectangular con 200m de espaciamiento, a las que se les identificó el color, ph y contenido metálico (ppm), este último mediante la digestión química con Agua Regia, vía Absorción Atómica (AAS), además se complementó toda esta información con el cartografiado local del intrusivo en mención. Para la caracterización estadística de los datos se aplicó la transformación Log_Normal modificando los altos erráticos e identificando anomalías, para Cobre 943.7 ppm y 764.3 ppm, para Plata 1.33 ppm y 1.15 ppm, para Plomo 117 ppm y por último para Zinc 252.8 ppm; así mismo, de la correlación Pearson, se obtuvo asociaciones bivariadas con buena correlación positiva (0.631) para Pb-Zn y mediana correlación positiva (0.337) para Cu-Pb, las tendencias identificadas de dispersión geoquímica de los metales en cuestión fueron, N-S para Cobre, NNE-SSO para Ag y NNO-SSE para Plomo y Zinc, además, las mayores dispersiones de color y pH lo tuvo Cu-Ag con Amarillo Oliva y Marrón Muy Pálido con pH Básico y Neutro y Pb-Zn con Marrón grisáceo Muy oscuro y Marrón Muy Pálido con pH Neutro y Ácido, de igual modo, en el cartografiado geológico se identificó la litología existente como una Diorita Porfirítica, con evidencia de alteración hidrotermal, coexistiendo con estructuras locales como fallas y brechas. Finalmente, del estudio de la dispersión geoquímica secundaria en suelos se identificó un zoneamiento superficial de Cu-Pb-Zn característico de sistemas del tipo Pórfido de Cobre.

Palabras clave: Dispersión geoquímica secundaria, Absorción Atómica, Correlación Pearson, Pórfidos de Cobre.

ABSTRACT

The main object of this study was to know the Secondary Dispersion of Copper, Silver, Lead and Zinc determined by the geochemical characterization in soils around the intrusive Yanaquero in the Michiquillay Sector; For this, 38 soil samples were collected in a rectangular sampling mesh with 200m spacing, to which the color, pH and metal content (ppm) were identified, the latter by chemical digestion with Agua Regia, via Atomic Absorption (AAS), all this information was also supplemented with the local mapping of the intrusive in question. For the statistical characterization of the data, the Log_Normal transformation was applied, modifying the erratic highs and identifying anomalies, for Copper 943.7 ppm and 764.3 ppm, for Silver 1.33 ppm and 1.15 ppm, for Lead 117 ppm and finally for Zinc 252.8 ppm; Likewise, from the Pearson correlation, bivariate associations were obtained with good positive correlation (0.631) for Pb-Zn and medium positive correlation (0.337) for Cu-Pb, the trends identified in the geochemical dispersion of the metals in question were, NS for Copper, NNE-SSO for Ag and NNO-SSE for Lead and Zinc, in addition, the largest dispersions of color and pH were found in Cu-Ag with Olive Yellow and Very Pale Brown with Basic and Neutral pH and Pb-Zn with Very Grayish Brown. dark and Very Pale Brown with Neutral and Acidic pH, in the same way, in the geological mapping the existing lithology was identified as a Porphyritic Diorite, with evidence of hydrothermal alteration, coexisting with local structures such as faults and breccias. Finally, from the study of secondary geochemical dispersion in soils, a superficial zoning of Cu-Pb-Zn characteristic of systems of the Copper Porphyry type was identified.

Keywords: Secondary geochemical dispersion, Atomic Absorption, Pearson Correlation, Copper Porphyries.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Acosta, J., Valencia, M., Rivera, R., Vargas, L. y Chira, L. (2006). *Aplicación de la Dispersión mecánica y química en la Prospección de Pórfidos de Cobre: Ejemplo "La Granja" en el norte del Perú*. Lima: Sociedad Geológica del Perú.
- Aguinaga, V., Hoyos, D., Carranza, V., Ramírez, D., Heracles, J., y Abanto C. (2021). *Cartera de Proyectos de Exploración Minera*. Ministerio de Energía y Minas. Lima. Perú. p.3.
- Alcántara, G. (2011). *Cobertura vegetal y uso actual del de Cajamarca*. Cajamarca.
- Alperin, M. (2013). *Introducción al análisis estadístico de datos geológicos*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/34221>.
- ArcGIS. (2016). *Cómo funciona IDW*. Obtenido de ArcGIS for Desktop: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-idw-works.htm>
- Briones, M (2005), *Validación de métodos analíticos para la determinación de Alcalinidad, Dureza, Hidrocarburos totales de petróleo (TPH) y Fósforo, en aguas residuales, en el laboratorio de Eismaster CIA LTDA (Proyecto de investigación)*. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11-253.
- Calcina M. (2008) “*Exploración geoquímica y determinación de elementos pathfinder - target proyecto: Achanizochaparra - Caravelí – Arequipa*”. Puno. Investigación UNA.
- Canchaya, S. (2012). *Taller de Geoestadística Aplicada (Curso aplicado)*. Cajamarca, Perú.
- Castro, A., Dávila, C., Cubas, F., Ávalos, G., López, C., y Villena, D, (2021). *Climas del Perú*. Lima: Red Activa Soluciones Gráficas SAC.

- Condori, W. (2016). *Validación de un método para la determinación de Cobre, Cromo, Manganeso y Níquel en suelo por Absorción Atómica de Flama* (Tesis de Grado). Lima, Perú. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Córdova, E. (2018). *Estudio Geológico, Geoquímico del Proyecto Huayrapongo, sector California, distrito de San Bernardino – San Pablo -Cajamarca – Perú 2016*. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Dammert, A. y Molinelli, F. (2007). *Panorama de la Minería del Perú*. Lima: OSINERGMIN.
- Davies, R. (2002). *Tectonic, Magmatic and Metallogenic evolution of the Cajamarca mining district, northern Perú* (tesis de doctorado). Australia. James Cook University.
- Echeveste, H. (2018). *Manual de levantamiento geológico: una introducción a la geología de campo*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Emmons, W. (1927). *Relations of disseminated copper ores in porphyry to igneous intrusions*. American Institute of mining and metallurgical Engineers, Transactions v.75, p. 797-809.
- Geoveth, E. (2018). *Prospección Geoquímica del sector Intermedio de la franja aurífera Melonera-Oropesa, Villa Clara*. Noa. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Hawkes, H., y Webb, J. S. (1962). *Geochemistry in Mineral Exploration*. New York, Estados Unidos de América: Harper & Row.
- Hernández, J., Espinosa, F., Rodríguez, J., Chacón, J., Toloza, C., Arenas, M., Carrillo, S. y Bermúdez. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones*. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 37 (5), 587-595. [Fecha de Consulta 10 de noviembre de 2021]. ISSN: 0798-0264. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55963207025>.

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio* (6ta). México D.F.: McGraw-Hill, p.4-88
- Hoffman, S. (1986). *Soil Sampling. Exploration Geochemistry: Design and Interpretation of Soil Surveys*, 3, pp.39-77.
- Hollister, V., y Sirvas, E. (1974). *El Pórfido de Cobre Michiquillay*. Boletín Sociedad Geológica del Perú, XLIV, 11-27p.
- Lambert, A. (2006). *Manual de Muestreo para Exploración, Minería Subterránea Y Rajo Abierto*. Coquimbo, p.22-45.
- Levinson, A. (1974). *Introduction to Exploration Geochemistry*. Illinois. Editorial: Applied Publishing Ltd.
- Licapa, G. (2015). *Influencia del Tiempo de Retención y Composición del Sustrato en la Remoción de Hierro y Cobre del Drenaje Ácido de Mina en Humedales Artificiales* (tesis de maestría). Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- López, W., Argote, A., y Astopilco H. (2014). *Evidencia Geoquímica de un Pórfido soterrado, prospecto Rey Baltazar, Cañete*. Artículo de congreso, Sociedad Geológica del Perú. Lima Perú.
- Manchego, J. (2016). *Caracterización Geológica-Geoquímica y Alteración Hidrotermal del Prospecto Pinco Pinco, Pórfido de Cu (Mo)*. Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez A., Y Cánovas, A. (2009). *El Coeficiente De Correlación De Los Rangos De Spearman Caracterización*. Revista Habanera de Ciencias Médicas, 8(2) Recuperado en 05 de setiembre de 2021, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729519X2009000200017&lng=es&tlng=es.

Metal Mining Agency. (1975). *Report on geological survey of the Michiquillay area, Republic of Peru*. Public. Internal Report for Metal Mining Agency, Japan International Cooperation Agency and Government of Japan, November 1975.

Minero Perú. (1993). *Investment opportunities Michiquillay Project Information Memorandum*. Lima: Minero Perú SA.

Minitab. (2020). *Soporte Minitab 20*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/ort.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality>

Morales, P. y Rodríguez, L. (2016). *Aplicación De Los Coeficientes Correlación De Kendall Y Spearman*, p.1-8.

Munsell Color. (1994). *Munsell soil color charts*. Maryland, Estados Unidos de América: Munsell Color.

Nosach, S. (2009). *Aplicación de los métodos geoquímicos en el estudio del yacimiento Mazur, Azov, Ucrania*. *Ingeniería Investigación Y Desarrollo*, 9(2), 57-59. Recuperado a partir de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/909.

Nuchanong, T., Lavin, O.P., & Nichol, I. (1991). *Geochemical dispersion of gold related to copper-gold mineralization in northeastern Thailand*. *Journal of Geochemical Exploration*, 40, 49-71.

Oblitas, J. (2018). *Guía de investigación Científica 2018 V(2)*. Universidad Privada del Norte. Perú, p.30.

- Palomino, C. y Vásquez, R. (2012). *Caracterización Geoquímica secundaria, asociada a los yacimientos de Magistral y Pasto Bueno*. Lima: INGEMMET.
- Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernández, A., Basteiro, J., y García-Cueto, E. (2014). *Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?*. *Universitas Psychologica*, 14(1), 245–254.
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy14-1.pbad>
- Pérez, V. (2015). *Estudio de la dispersión geoquímica secundaria de Cobre-Oro y sus pathfinder asociados a los pórfidos de Minas Conga, El Galeno, La Carpa y Michiquillay en la región de Cajamarca Perú* (tesis de pregrado). Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Quintanilla, B. (2017). *Estadística en Variables con censura: Aplicación a datos Medioambientales* (Trabajo de Investigación). Universidad Oberta de Catalunya, Barcelona, España.
- Reyes, L. (1980). *Boletín 31: Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba*. Lima: INGEMMET, p.40-41.
- Rivera, H., (2007). *Introducción a la Geoquímica General y Aplicada*. 2ª Edición. Lima. Perú. 475 pp.
- Rivasplata, V. (2012). *Geología y Geoquímica del Prospecto Andrea, área de exploración regional de Minera Yanacocha – Cajamarca* (Tesis Pregrado). Cajamarca Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Rivasplata, V. (2020). *Estudio de Casos; Generación de Targets del tipo Pórfido – Epitermal*. Presentación curso online. Cajamarca, Perú.

- Rojas, J. (2018). *Evaluación De Índice De Trabajo, (Work Index); En Un Yacimiento Tipo Pórfido De Cobre Y Su Implicancia Geometalúrgica*. Lima Perú. Pontificia universidad Católica del Perú.
- Samamé, M. (1981). *El Perú Minero: Yacimientos*. 3V. 146-154. Lima:IncITEMI.
- Segura, J. (2018). *Geología y Evaluación de Patrones Geoquímicos de Dispersión-Prospecto de Jaguay*. Arequipa. Universidad Nacional San Agustín.
- Siegel, F. (1992). *Geoquímica Aplicada*. Washington D.C, Estados Unidos de América: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Sillitoe, R. (2010). *Porphyry Copper Systems*. Society of economic Geologist. England. v. 105, pp 3 – 41.
- Spadoni, M, Cavarreta, G. y Patera, A. (2004). *Cartographic techniques for mapping the geochemical data of stream sediments: the “Sample Catchment Basin” approach*. *Environmental Geology*. 45, p.593-597.
- SRK Consulting. (2021). *Geoquímica de Exploraciones*. Obtenido de: <https://www.srk.com/es/servicios/geoquimica-de-exploracion>
- Trelles, G. (2021). *Estudio de la dispersión geoquímica secundaria de los metales base en los volcánicos del Neógeno, en la microcuenca Chahuarma – Huancavelica, Perú*. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- United State Environmental Protection Agency (1996). *Method 3050B, Acid Digestion of Sediments, Sludgles, and Soils*. Revisión 2. Washington, DC.
- Vásquez R. (2009). *"Distribución de Tierras Raras y otros elementos traza en la franja Polimetálica 9°-10°S del Perú Central"*. Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca, p. 54-55.

Viladevall, M (2008). *La Prospección Geoquímica (La Prospección Geoquímica y sus métodos)*. Barcelona.