

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería de Minas

“UBICACIÓN DE BLANCOS EXPLORATORIOS  
MEDIANTE ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO DE  
INFORMACIÓN GEOQUÍMICA, LOJA, ECUADOR, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor

Angel Jonathan Vilca Uriarte

Asesor:

M.Sc. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2021

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática .....	10
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 .....	15
1.4.1. Hipótesis general .....	15
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>4.1. Discusión.....</b>	<b>97</b>
<b>4.2. Conclusiones.....</b>	<b>99</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>102</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vértices del área de Estudio. WGS84-17S.....	19
Tabla 2. Cobre .....	95
Tabla 3. Molibdeno.....	95
Tabla 4. Zinc.....	95
Tabla 5. Plomo.....	95
Tabla 6. Plata – Antimonio- Oro .....	96
Tabla 7. Oro.....	96

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación .....	19
Figura 2. Plano de ubicación .....	20
Figura 3. Diagrama de Caja y bigotes para cobre.....	22
Figura 4. Diagrama de probabilidades de Cu .....	23
Figura 5. Mapas de anomalías de Cobre.....	24
Figura 6. Identificación de puntos de anomalías de Cu.....	25
Figura 7. Puntos anómalos constantes y equidistantes de Cu.....	26
Figura 8. Mapa de Zonas Anómalas de Cobre .....	27
Figura 9. Mapas de Concentración de Cobre con Litología. ....	28
Figura 10. Diagrama de probabilidades de Cobre asociados con la Litología .....	29
Figura 11. Variograma del cobre.....	30
Figura 12. Diagrama de cajas y bigotes de Molibdeno .....	32
Figura 13. Diagrama de probabilidades de Mo .....	33
Figura 14. Mapas de Concentración de Molibdeno.....	34
Figura 15. Identificación de puntos de anomalías de Mo.....	35
Figura 16. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Mo.....	36
Figura 17. Zonas Anómalas de Molibdeno. ....	37
Figura 18. Mapas de concentración de Molibdeno con puntos de litología.....	38
Figura 19. Diagrama de probabilidades de Molibdeno asociadas con la Litología.....	39
Figura 20. Variograma del Molibdeno .....	40
Figura 21. Diagram de cajas y bigotes de Oro. ....	41
Figura 22. Diagrama de probabilidades de Au .....	42
Figura 23. Mapas de Concentración de Oro .....	43
Figura 24. Identificación de puntos de anomalías de Au. ....	44
Figura 25. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Au .....	45
Figura 26. Zonas anómalas de Oro .....	46

Figura 27. Mapas de Concentración de Oro relacionado con la Litología .....	47
Figura 28. Diagrama de probabilidades de Oro asociadas con la Litología.....	48
Figura 29. Variograma del Oro.....	49
Figura 30. Diagrama de cajas y bigotes de la Plata. ....	51
Figura 31. Diagrama de probabilidades de Plata.....	52
Figura 32. Mapas de Anomalías de Plata .....	53
Figura 33. Identificación de puntos de anomalías de Ag .....	54
Figura 34. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Ag .....	55
Figura 35. Zonas Anómalas de Plata.....	56
Figura 36. Mapas de Anomalías de Plata Asociadas con la Litología. ....	57
Figura 37. Diagrama de probabilidades de Plata Asociadas con la Litología .....	58
Figura 38. Variograma de la Plata.....	59
Figura 46. Diagrama de caja y bigotes de Antimonio .....	60
Figura 39. Diagrama de cajas y bigotes de Antimonio.....	60
Figura 40. Diagrama de probabilidades de Antimonio.....	61
Figura 41. Mapas de Anomalías de Antimonio .....	62
Figura 42. Identificación de puntos de anomalías de Sb .....	63
Figura 43. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Sb.....	64
Figura 44. Zonas Anómalas de Antimonio.....	65
Figura 45. Mapas de Anomalías de Antimonio con puntos de litología .....	66
Figura 46. Diagrama de probabilidades de Antimonio Asociadas con la Litología.....	67
Figura 47. Diagrama de probabilidades de Antimonio Asociadas con la Litología.....	68
Figura 48. Diagrama de cajas y bigotes de Zinc.....	69
Figura 49. Diagrama de probabilidades de Zinc.....	70
Figura 50. Mapas de concentración de Zinc .....	71
Figura 51. Identificación de puntos de anomalías de Zn.....	72
Figura 52. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Zn.....	73

Figura 53. Zonas anómalas de Zinc .....	74
Figura 54. Mapas de Anomalías de zinc relacionadas a la Litología. ....	75
Figura 55. Diagrama de probabilidades de Zinc asociadas con la litología .....	76
Figura 56. Variograma del Zinc .....	77
Figura 57. Diagrama de caja y bigotes de Plomo .....	79
Figura 58. Diagrama de probabilidades de Plomo .....	80
Figura 59. Mapas de Anomalías de Plomo.....	81
Figura 60. Identificación de puntos de anomalías de Pb .....	82
Figura 61. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Pb .....	83
Figura 62. Zonas Anómalas de Plomo.....	84
Figura 63. Mapas de Anomalías de Plomo Asociados a la Litología.....	85
Figura 64. Diagrama de probabilidades de Plomo asociadas con la litología. ....	86
Figura 65. Diagrama de probabilidades de Plomo asociadas con la litología. ....	87
Figura 66. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Cu .....	88
Figura 67. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Molibdeno .....	89
Figura 68. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Oro.....	90
Figura 69. Vistas en 3D de las zonas anómalas de plata .....	91
Figura 70. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Antimonio.....	92
Figura 71. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Antimonio.....	93
Figura 72. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Antimonio.....	94

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es ubicar blancos exploratorios al realizar un análisis geoestadístico de la información geoquímica en un muestro superficial desarrollado en Loja, Ecuador 2021. Se realizó una malla de muestreo y de sedimentos fluviales considerando abarcar todas con una distancia de 1 km<sup>2</sup> y muestreo selectivo por las características del terreno en lugares donde haya evidencia de afloramiento rocoso y alteración hidrotermal, se recolectaron 408 muestras con un peso de 2 kg. Las muestras recolectadas se enviaron al laboratorio para su análisis respectivo, posteriormente se hizo el análisis geoquímico por Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS). Con la data entregada del laboratorio, y su posterior análisis univariado, multivariado, y el empleo del método log (Z score) con estadísticas del vecino cercano. Se confeccionó mapas de anomalías geoquímicas para determinar zonas precisas de ejecución de sondaje. Para el tratamiento estadístico de los datos con los elementos mencionados, se utilizó el software estadístico y geoquímico ioGAS. Posterior al análisis estadístico, se calcularon las anomalías geoquímicas dándonos un valor para cada uno de los elementos. Luego se realizaron los mapas de anomalías en ioGAS usando el método de interpolación de kriging Para complementar, se realizó un mapa multielemental considerando elementos pathfinders como el Sb, As y Hg reconociendo las zonas de afloramiento de rocas y alteración hidrotermal. De esta manera se ubicaron, delimitaron y construyeron los 35 blancos exploratorios con posible potencial económico Cu - Mo, Pb -Zn, Ag - Sb, Au -Ag tomando en considerando la geología y metalogénia del sector de Loja.

Palabras clave: Geoestadística, geoquímica, blancos exploratorios.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**



## REFERENCIAS

- Baldé A. y Lastra J. (2017). Aplicación integrada de la estadística multivariada y análisis fractal a datos litogeoquímicos en el distrito metalogénico Dora-Francisco, Pinar del Río.
- Castillo P. (2012). Análisis geoestadístico de geoquímica y organogeoquímica aplicado en exploraciones mineras.
- Cuador J. (2015). Estudios De Estimación Y Simulación Geoestadística Para La Caracterización de Parámetros Geólogo – Industriales En El Yacimiento Laterítico Punta Gorda.
- Fletcher, W. 1981. Analytical methods in geochemical prospecting. Handbook of exploration geochemistry, Elsevier. Vol. 1, 255 p.
- Gutiérrez M. A y Beyra M. L., 1993, Introducción al Análisis Variográfico de Yacimientos de Corteza de Intemperismo [Trabajo de Diploma]. ISMM, Moa, Holguín.
- Ilidio L. D., 1999, Análisis Variográfico del Yacimiento Camarioca Norte [Trabajo de Diploma]. ISMM, Moa, Holguín.
- Jordan R. M., 2000, Análisis Variográfico del Grupo VII del Yacimiento Martí [Trabajo de Diploma]. ISMM, Moa, Holguín.
- Lavaut Copa, W., 2000, Sobre el Estudio Preliminar de las Redes de Perforación y Muestreo para el Cálculo del Mineral Laterítico. E.G.M. Santiago de Cuba.

- Legrá, A., 1994, Consideraciones sobre el cálculo de volúmenes geólogo mineros por métodos clásicos, *Revista Minería y Geología*, Vol. XI, No. 2.
- Legrá, A., Silva, O., y Bebele O, 1999a, Modelación de una superficie topográfica a partir de su relación entre Kriging y la interpolación lineal en  $R_n$  , *Revista Minería y Geología*, Vol. XVI, No. 1.
- Proenza F. J., y Fernández, M. L, 1994, Calculo de errores de evaluación de reservas minerales a través del análisis variográfico. Potencialidad de su utilización en los yacimientos ferroniquelíferos de Cuba oriental, *Revista Minería y Gelogía*, Vol. XI, No. 3. Pág. 27-30
- Huang, J. y Zhao, P. 2015: Application of a multi-fractal model for identification of Cu, Au and Zn anomalies in Western Yunnan, Southwestern China. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 15(1): 54-61.
- Yuabn F., Li, X., Jowitt, S., Zhang , M., Jia, C., Bai, X., & Zhou, T. (2012). Anomaly identification in soil geochemistry using multifractal interpolation: A case study using the distribution of Cu and Au in soils from the Tongling mining district, Yangtze metallogenic belt, Anhui province, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 132, 63-74. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.03.003>