

# 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

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mi familia por brindarme la fortaleza, perseverancia, dedicación y por los valores inculcados en mi vida durante mi formación profesional, ya que permitió desarrollarme en lo personal y académico para lograr mis objetivos

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por encaminarme por el sendero correcto, a mi familia quienes me enseñaron los valores de la vida y a mi asesor por brindarme sus consejos en base a su experiencia, sin ellos el presente trabajo no hubiese sido posible.

## 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.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En los últimos años alrededor del mundo se ha venido realizando más las prospecciones minerales tácticas generando que las evaluaciones sean más locales y con sesgo en los resultados. Además, por el afán de minimizar costos y solo guiarse de la intuición y experiencia del geólogo, ha generado en muchos casos fracasos al momento de empezar las campañas de perforación sin cortar alguna estructura mineralizada. (Renguang,2012).

A nivel mundial en el contexto minero, en 1993 comienzan a aparecer los conceptos de la Geoestadística y el uso de los semivariogramas en la caracterización de la variabilidad de parámetros geológicos. Gutiérrez y Beyra (1993), Proenza y Fernández (1994), Legrá (1994), Ilidio (1999), Legrá et al. (1999, Jordan (2000) y Lavaut (2000), han representado el inicio de aplicaciones geoestadísticas en yacimientos lateríticos.

Muchos de estos trabajos no utilizan gráficos ni expresiones analíticas que caractericen la continuidad espacial, otros resultan más completos de acuerdo a criterios que se señalan en Armstrong y Carignan (1997), Cuador (1997), Cuador y Quintero (1999) y se aplican en otros campos (Quintero y Cuador, 2000; Hernández et al., 1999; Estévez y Cuador, 2002).

La revolución científico-técnica en la geología y la minería, que ha abarcado durante décadas a todo el mundo, se manifiesta en un aumento brusco del ritmo de extracción y utilización de la materia prima mineral. Por este motivo los trabajos de búsqueda, exploración y evaluación geológica-económica de yacimientos minerales útiles, constituye una de las tareas más importantes en las empresas y compañías geo-

mineras. En esta actividad el cálculo de reservas minerales útiles "in situ" juega un papel fundamental (Cuador, 2005)

Huang y Zhao (2015) ofrecen un ejemplo de aplicación de los modelos multi-fractales para revelar anomalías geoquímicas de Cu, Au y Zn que podrían ser útiles en la identificación de áreas donde podrían desarrollarse depósitos tipo MVT.

La geoquímica es una rama de la ciencia que se ocupa del contenido y distribución de elementos químicos en minerales, menas, rocas, suelos, aguas y la atmósfera. También estudia la circulación de estos elementos químicos en la naturaleza basándose en las propiedades de sus átomos e iones (Goldschmidt, 1954). La geoquímica de prospección/exploración es una rama de la geoquímica aplicada que utiliza elementos químicos, propiedades y distribución en la naturaleza para localizar y caracterizar depósitos minerales económicos (Gandhi , 2017)

Los exploradores de minerales han utilizado varias formas en el pasado para localizar depósitos minerales. Una de las técnicas clave se ha invertido en el establecimiento de anomalías geoquímicas. Una anomalía geoquímica se puede definir generalmente como una zona o un área de valores anormales altos o bajos de elemento (s) o mineral (s) en cuestión en comparación con los valores de fondo de los elementos generales. Los métodos convencionales generalmente se enfocan en la detección de anomalías geoquímicas positivas e ignoran las anomalías geoquímicas negativas relacionadas con la mineralización (Xiong et al., 2018; Zuo y Xiong, 2018)

La geoquímica de exploración utiliza patrones geoquímicos, que son las variaciones naturales de la abundancia de los elementos, para guiar la presencia o ausencia de mineralización. La abundancia relativa de elementos, por lo tanto, es más importante que su concentración absoluta. De este modo, es necesario que cualquier variabilidad

introducida durante el muestreo y el análisis sea significativamente menor que la variabilidad buscada. De este modo, el control de calidad en la exploración usualmente pone énfasis en determinar la precisión, más que la exactitud (Fletcher, 1981).

Baldé y Lastra (2017), realizaron una reinterpretación integral del metalotecto geoquímico en el distrito metalogénico Dora-Francisco. El punto de partida fue la delimitación, composición y disposición espacial de las anomalías litogeoquímicas y su vínculo con los diferentes estilos de mineralización exhalativo-sedimentaria (SEDEX). Para ello se preparó una base de datos con los resultados analíticos de Ag, Ba, Cu, Co, Mo, Pb y Zn en muestras litogeoquímicas de la región de estudio. Mediante el análisis de factores se clasificaron estas variables geoquímicas simples y se obtuvieron dos nuevas variables geoquímicas complejas, cada una representativa de un estilo de mineralización: piritó-polimetálica estratiforme y de stockwork cuprífero. El análisis fractal por el método concentración-área se usó para estimar el límite fondo-anomalía (umbral anómalo) de las variables complejas, dando lugar a los mapas geoquímicos complejos. Los resultados de la cartografía de estas anomalías geoquímicas representan a cada metalotecto geoquímico vinculado con su estilo de mineralización, lo que sirve de base para su integración a otros metalotectos (litológico, estructural, mineralógico, geomorfológico) con el objetivo de crear mapas de favorabilidad mineral.

Carranco y Ruiz (2015) Analizaron e interpretaron la geología y geoquímica en el área que cubre la hoja topográfica Zamora en Ecuador a escala 1:50.000, para determinar ocurrencias minerales. La metodología utilizada fue la siguiente: levantamiento de información geológica, con observación directa, muestreo de roca, validación de mapas preliminares elaborados por fotointerpretación, con ensayos de

laboratorio: láminas delgadas, minerales (XRD), elementos mayores (XRF), elementos menores (ICP-OES y Tierras raras), ensayo al fuego, y análisis necesarios para la elaboración del mapa propuesto; además, del muestreo de sedimentos fluviales, preparación y análisis químico de las mismas (ICP-OES) para su posterior análisis exploratorio de datos espaciales y tratamiento geoestadístico, con el fin de determinar anomalías de elementos, empleando el método analítico-gráfico de Lepeltier Modificado y el método de interpolación kriging ordinario. Como conclusión general, se definieron dos zonas con posible potencial minero (Tzunantza y Nanguipa) a partir de la correlación de las anomalías geoquímicas con la geología. Se recomienda dar seguimiento (follow up) a las zonas presentadas en este estudio, para lo cual se sugiere un estudio a detalle, con análisis de suelos y geofísica, para delimitar de una mejor manera las áreas de interés geológico-minero.

Castillo (2012), llevó a cabo una campaña de exploración básica, que consistió en el muestreo de gases e iones libres contenidos en el suelo, mediante colectores pasivos Ore Hound GOCC®, en una malla regular de 400 x 500 m, para reconocer la existencia de cuerpos mineralizados bajo la cobertura. De este modo, tuvo como objetivo ordenar, depurar y analizar las bases de datos, por medio de una metodología estadística y geoestadística, univariable y multivariable, con el fin de permitir una correcta interpretación de la información contenida en los datos. Concluyendo que, si bien los datos están afectados por el sesgo analítico y un fuerte ruido de fondo, dado por los errores de medición, mediante la aplicación de KF, ha sido posible delimitar anomalías de contraste que representan características geológicas de los prospectos, así como interpretar los probables mecanismos de migración, según criterios estructurales e hidrogeológicos particulares de cada área.

Yuan et al. (2012), en su estudio realizado en Yangtze, China, aplicando Prospección Geoquímica que utiliza la distribución de Au-Cu en suelos en un distrito minero, para ello, se recolectó 390 muestras del horizonte A en una malla de 2 x 2km y un total de 95 muestras del horizonte C en una malla de 4 x 4km, y se utilizó el análisis ICP.MS por su precisión analítica entre 1 y 3%. Para este estudio se emplearon métodos de interpolación de Krigin y Krigin multifractal y se obtuvo una buena separación de muestras anómalas de concentraciones de fondo, y las anomalías geoquímicas de Au-Cu asociados con la mineralización se distinguieron más consistentemente, demostrando que los métodos de interpolación son eficaces para áreas donde la capa superficial de suelos puede estar contaminada por actividades antropogénicas como los distritos mineros maduros.

En el Perú, un estudio realizado por Cornelio y Ríos (2012), en el distrito de Pallasca-Ancash, se generaron blancos exploratorios a partir de cálculos estadísticos en la data de muestreo en sedimentos de quebrada por parte del INGEMMET, normalizando la data con logaritmo neperiano, definiendo valores geoquímicos de background y threshold, y cálculos de regresión lineal para los elementos Au, Ag, Cu y Mo, permitiendo ochos zonas de mineralización convirtiéndose en potenciales áreas para realizar trabajos de exploración más detallados a futuros.

El desarrollo de esta investigación permitirá ubicar blancos exploratorios o probables zonas con potencial minero económico, y contribuirá a posteriormente concesionar la zona si es que estuviese vacía. Además, brindará información relevante que permitirá a estudiantes y profesionales interesados en la exploración geológica a obtener información actualizada en el tema de la geoestadística, y emplearla como antecedente para trabajos posteriores.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la ubicación de blancos exploratorios al realizar un análisis geoestadístico de información geoquímica en Loja, Ecuador 2021?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Ubicar blancos exploratorios al realizar un análisis geoestadístico de información geoquímica, en el distrito de Loja, Ecuador 2021.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis estadístico de datos (EDA) de la información muestreo geoquímico de cobre, molibdeno, oro plata, plomo y zinc.
- Identificar anomalías de cobre, molibdeno, oro plata, antimonio, plomo y zinc.
- Determinar la litología que alberga las anomalías geoquímicas.
- Realizar los mapas en 2D y 3D de blancos exploratorios
- Determinar las coordenadas de los blancos exploratorios.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

Al realizar una evaluación geoestadística de información geoquímica, se ubicarán blancos exploratorios en el distrito de Loja, Ecuador 2020.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de tesis es del tipo aplicada, debido a que permitirá entender el comportamiento de la distribución de elementos y como éstas influyen en el acercamiento a una posible zona mineral, y de acuerdo con el alcance es una investigación correlacional, ya que se buscará relacionar la prospección geoquímica con la búsqueda de blancos exploratorios mediante el muestreo geoquímico, análisis geoquímico, y el tratamiento estadístico de los datos.

De acuerdo con el enfoque, es del tipo cuantitativo, ya que se emplearán magnitudes numéricas en base a resultados de laboratorio, y serán tratadas mediante el uso de la estadística como histogramas, diagramas de valores atípicos, dendogramas, correlaciones, graficas de dispersión y de contornos, y pueden ser representadas mediante mapas.

Presenta un diseño no experimental ya que el trabajo se basa en realizar observaciones en campo y tomar muestras en lugares idóneos para que sea representativa del área de estudio y delimitar las zonas de interés, y es de corte transversal porque los datos tomados se realizarán en un único momento.

### 2.2. Población y muestra

La población la conforman las concesiones que están presentes en Loja con un total de 2300 has.

Se realizó un muestro sistemático con una malla de 1000 x 1000m, y se obtuvo muestras de suelos del horizonte de 2.5 kg aprox., y se recolectó 408 muestras.



### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

La técnica que se utilizó para la recolección de información fue el análisis documental mediante la búsqueda y procesamiento de bibliografía relacionada a la prospección haciendo uso de geoestadística. Otra técnica fue la observación directa en campo, debido a que en el campo se hizo una observación del afloramiento y por ende el muestreo de los lugares más representativos, de acuerdo con la malla elaborada. Asimismo, el instrumento para la recolección de datos fue una tarjeta de muestreo que fue adaptado de la empresa Buena ventura para muestras superficiales. Los datos recolectados fueron analizados y procesados en los softwares, Arcgis, IOgas y SGeMS como herramientas geoestadísticas, Leapfrog, Excel.

### **2.4. Procedimiento**

#### **Etapa Pre-campo**

##### Búsqueda bibliográfica

Se realizó una revisión en diferentes revistas a nivel mundial como Science Direct, Springer, Redalyc, considerando que las investigaciones encontradas estén relacionadas directamente con nuestras variables y que hayan sido publicadas en los últimos diez años.

##### Diseño para el programa de muestreo

Se procede a colocar puntos de muestreo de acuerdo con el afloramiento, de manera selectiva cuando haya buen afloramiento rocoso y evidencia de alteración hidrotermal.

Se realizó el formato de muestreo donde incluyó el método de muestreo, tipo de muestra, el tipo de material, la localización, las dimensiones, y el análisis geoquímico que se realizará.

### **Trabajo de campo**

Consistió en realizar muestreo por suelos construida inicialmente en el sector de Loja, considerando la parte superior del horizonte B ya que tiene una movilidad de 200-500 m y sea representativa.

Todas las muestras se codificaron en las bolsas de acuerdo con la tarjeta de muestreo, y se insertaron controles como blancos gruesos, duplicados, y estándares, ellos serán el 10% de la muestra total.

### **Trabajo en Laboratorio**

Las muestras recolectadas en campo se enviaron al laboratorio tratándose con una digestión de agua regia 3:1 de ácido clorhídrico y ácido nítrico para la lectura de 36 elementos, y posterior se hizo el análisis geoquímico por Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS).

### **Trabajo de gabinete post-campo**

De igual manera, con el análisis de la data de laboratorio mediante análisis geoestadístico y uso de softwares como ioGAS y SGeMS obteniendo diferentes parámetros que nos permitirá realizar mapas de anomalías geoquímicas y multielementales, como variogramas para cada tipo de elemento.

## 2.5. Aspectos generales

### Ubicación

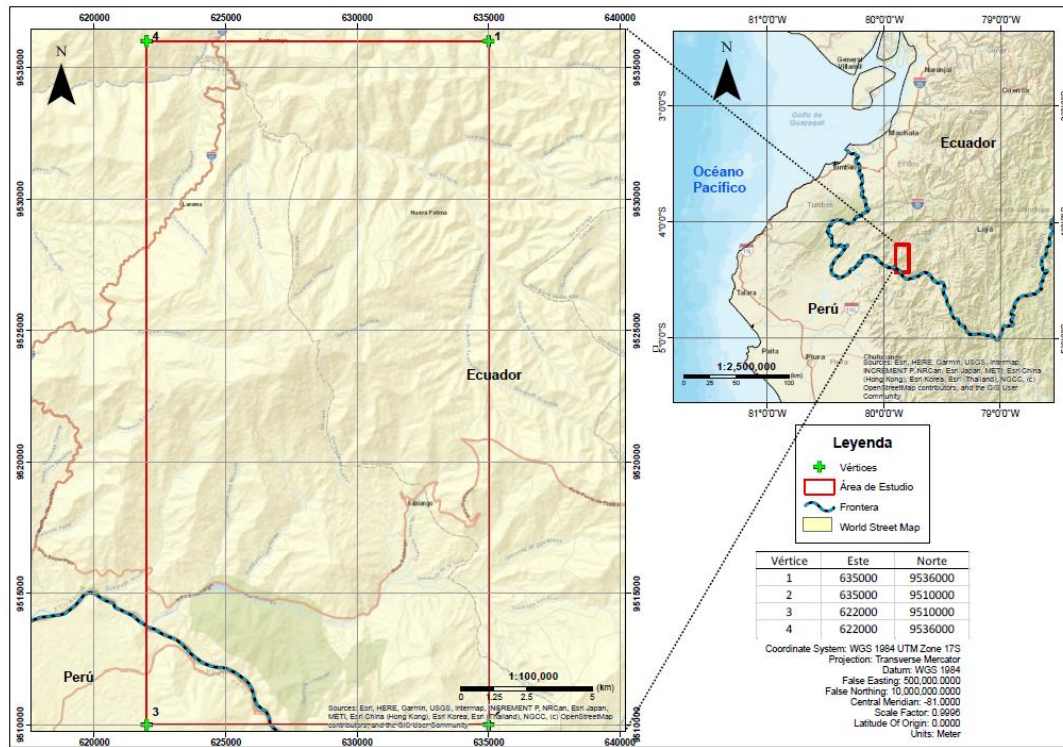


Figura 1. Plano de ubicación

Geográficamente La zona de estudio se ubica en Loja ubicado al Sur de Ecuador entre los vértices:

**Tabla 1.**  
**Vértices del área de Estudio. WGS84-17S**

VERTICE	ESTE	NORTE
1	635000	9536000
2	635000	9510000
3	622000	9510000
4	622000	9536000

## 2.6. Geología local

En la localidad de Loja aflora principalmente la formación Piñón compuesta de rocas andesitas basálticas y basaltos, además aflora el Batolito de Tangula compuesto de granito.

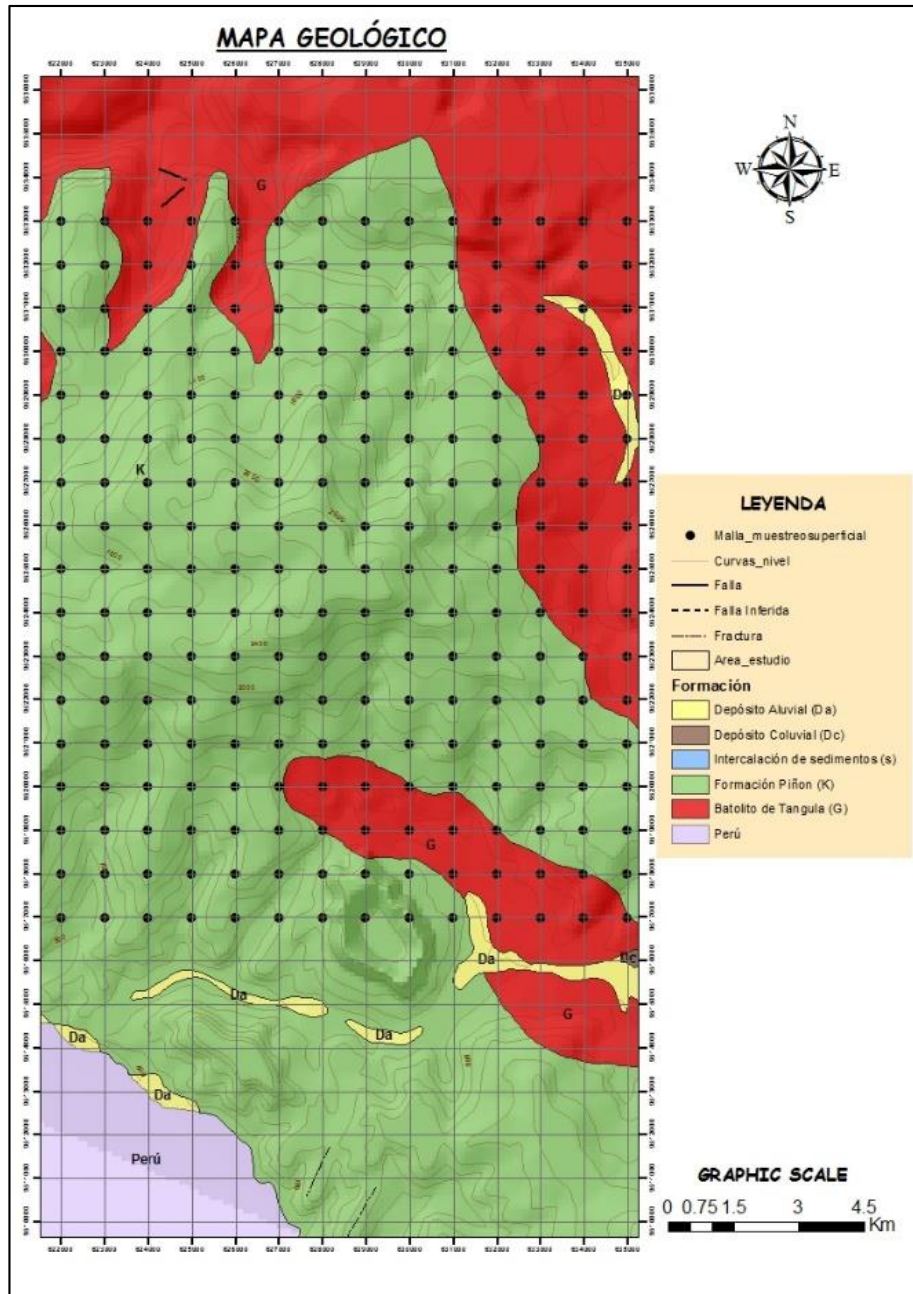


Figura 2. Plano de ubicación

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Análisis geoestadístico de la información geoquímica

#### 3.1.1. Analisis de variables estadísticas de los datos de cobre

En la Figura 4, en el gráfico de la izquierda vemos una distribución no estandarizada con caja y bigotes sin simetría y con anomalías no normalizadas o valores atípicos, en el gráfico de la derecha vemos una distribución estandarizada pues al utilizar el logaritmo en base 10 los resultados muestran a la mediana próxima a su media indicando una nivelación de los valores de las muestras además el 50 % de los valores de las muestras se encuentran en el Q1 (-0.90) = hasta el 25% del valor de las muestras y el Q3 = hasta el 75% del valor de las muestras. El tramo desde Q2 hasta Q3 nos indica que la mayor cantidad de datos se encuentran ente los valores de 0.142 y 0.82, los valores atípicos son las líneas verticales que salen de la caja y representan el valor mínimo y máximo, los cuales son -2.22 y 1.83 respectivamente de un total de 170 datos muestreados, lo que nos indica que la mayor cantidad de muestras se encuentran en el tramo de Q2 a Q3 que representa el 25% de las muestras

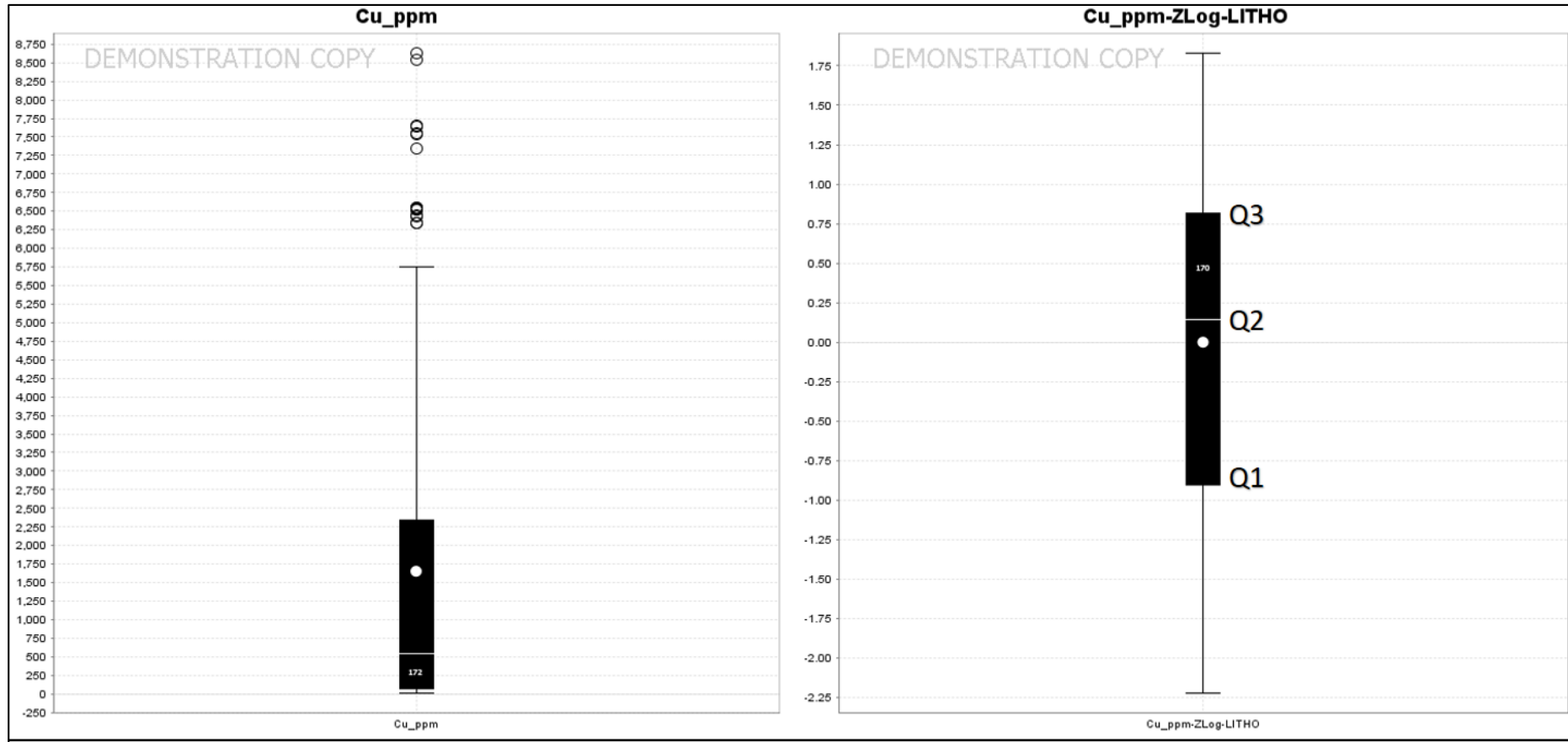


Figura 3. Diagrama de Caja y bigotes para cobre

### Análisis de distribución de datos de cobre

La figura de la izquierda se muestra una curva con los datos no estandarizados en ppm de cobre que al ser trabajados con el logaritmo en base 10 se muestra una curva que asemeja a una recta brindando valores más exactos de los valores de las muestras con una zona anómala que se encuentra entre 1.25 y 1.83 ppm de cobre

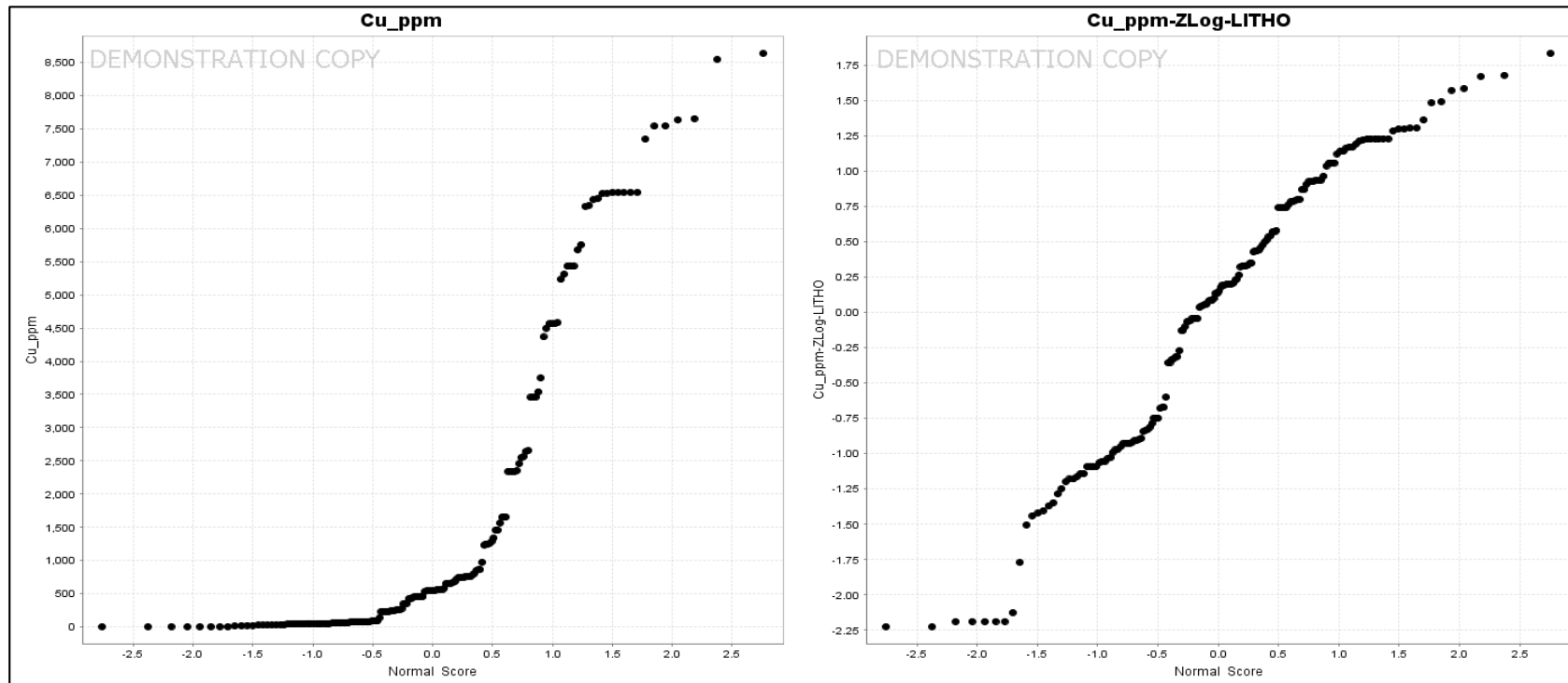


Figura 4. Diagrama de probabilidades de Cu



### 3.2. Anomalías de cobre

En la Figura 6. En el gráfico de la izquierda vemos tres zonas de anomalías de cobre que se encuentran de color plomo que son el resultado de los datos crudos y en el gráfico de la derecha observamos solo dos zonas anómalas debido a que estos datos ya han sido normalizado obteniendo valores distintos en cada gráfico pero que pueden ser correlacionados con los valores de cu en ppm

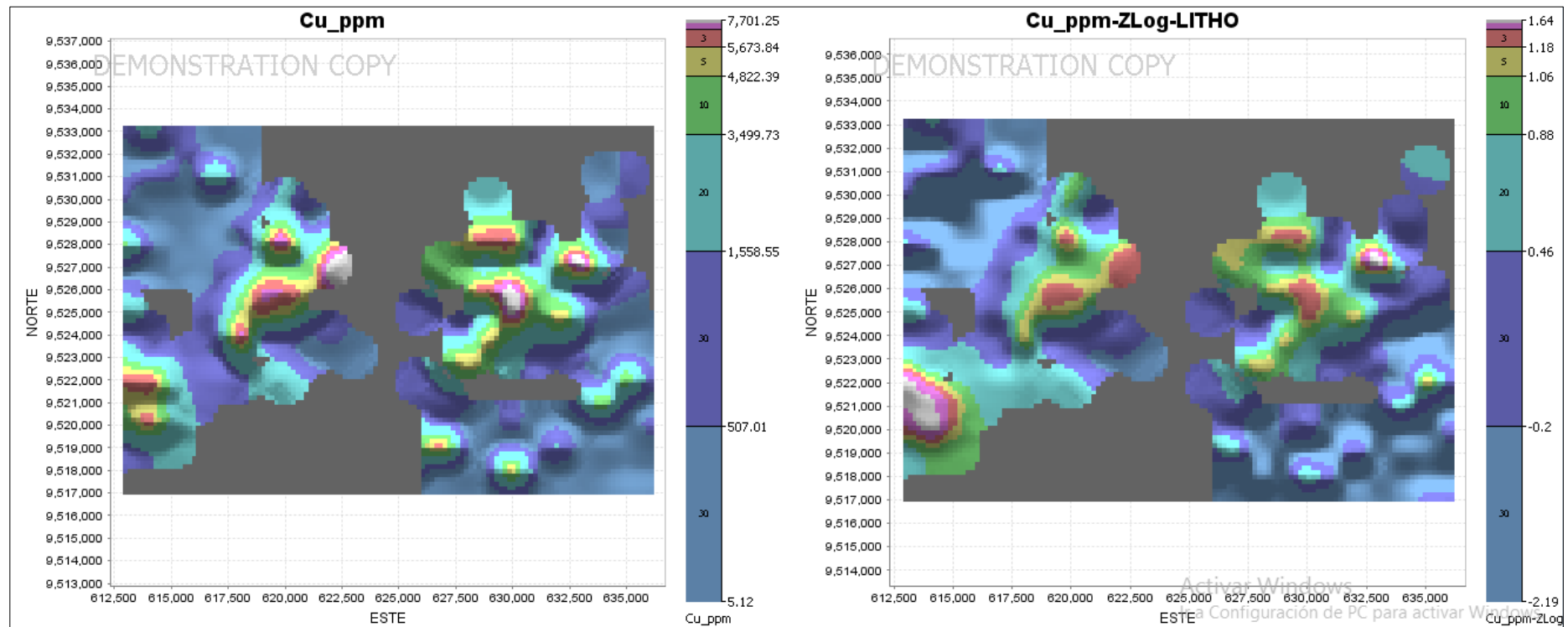


Figura 5. Mapas de anomalías de Cobre



### Zona anómala de Cobre

- a) En triangulo rojo los puntos altos de cobre para determinar las zonas anómalas de cobre en el plano y observar cómo se encuentran los valores de las muestras tomadas en campo cuando aún estas muestras no han sido niveladas como se observa en el grafico

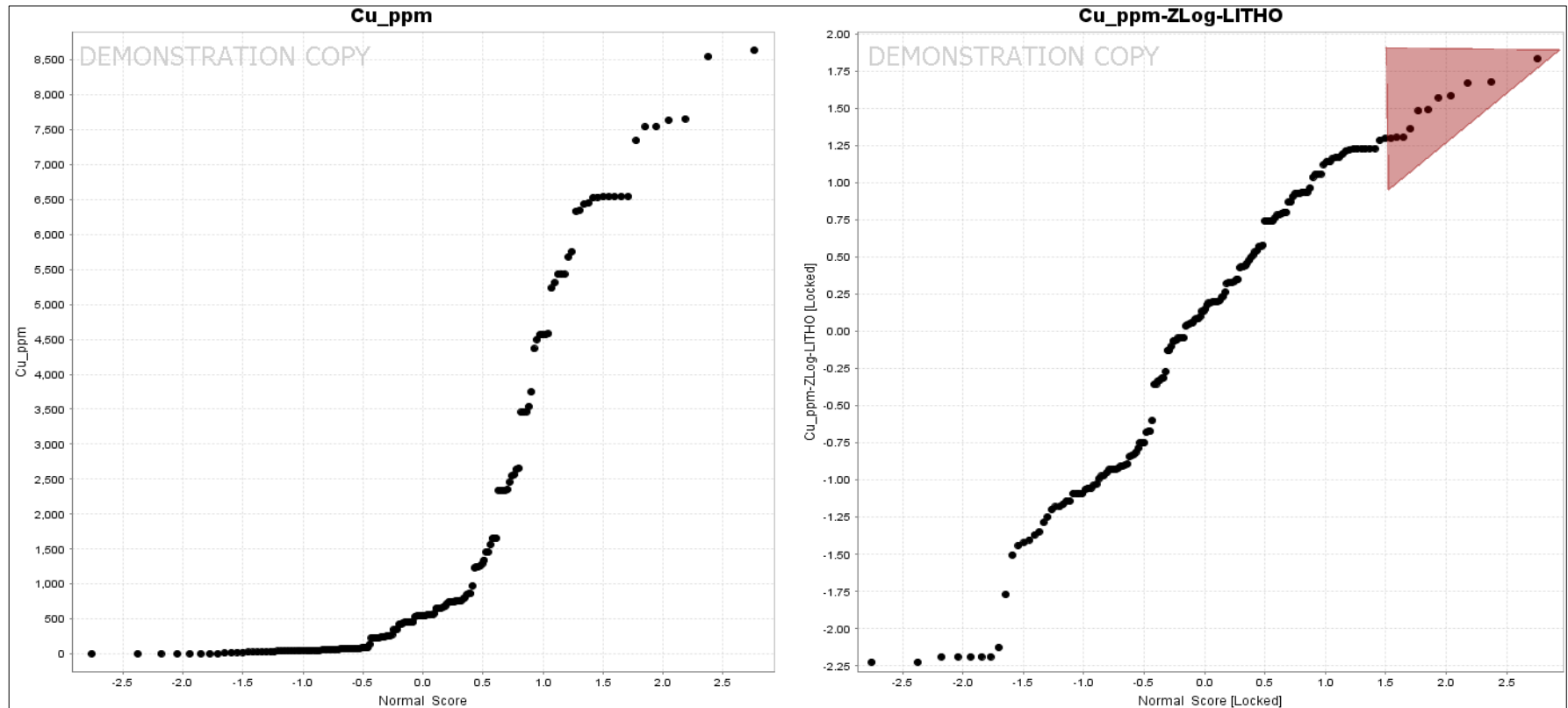


Figura 6. Identificación de puntos de anomalías de Cu

- b) Observamos los puntos de anomalías de cobre en el gráfico de la derecha de color rojo que son constantes y equidistanciados entre sí, caso contrario del grafico de la izquierda donde las anomalías de cobre se encuentran mezcladas ocasionando errores en la toma de decisiones futuras

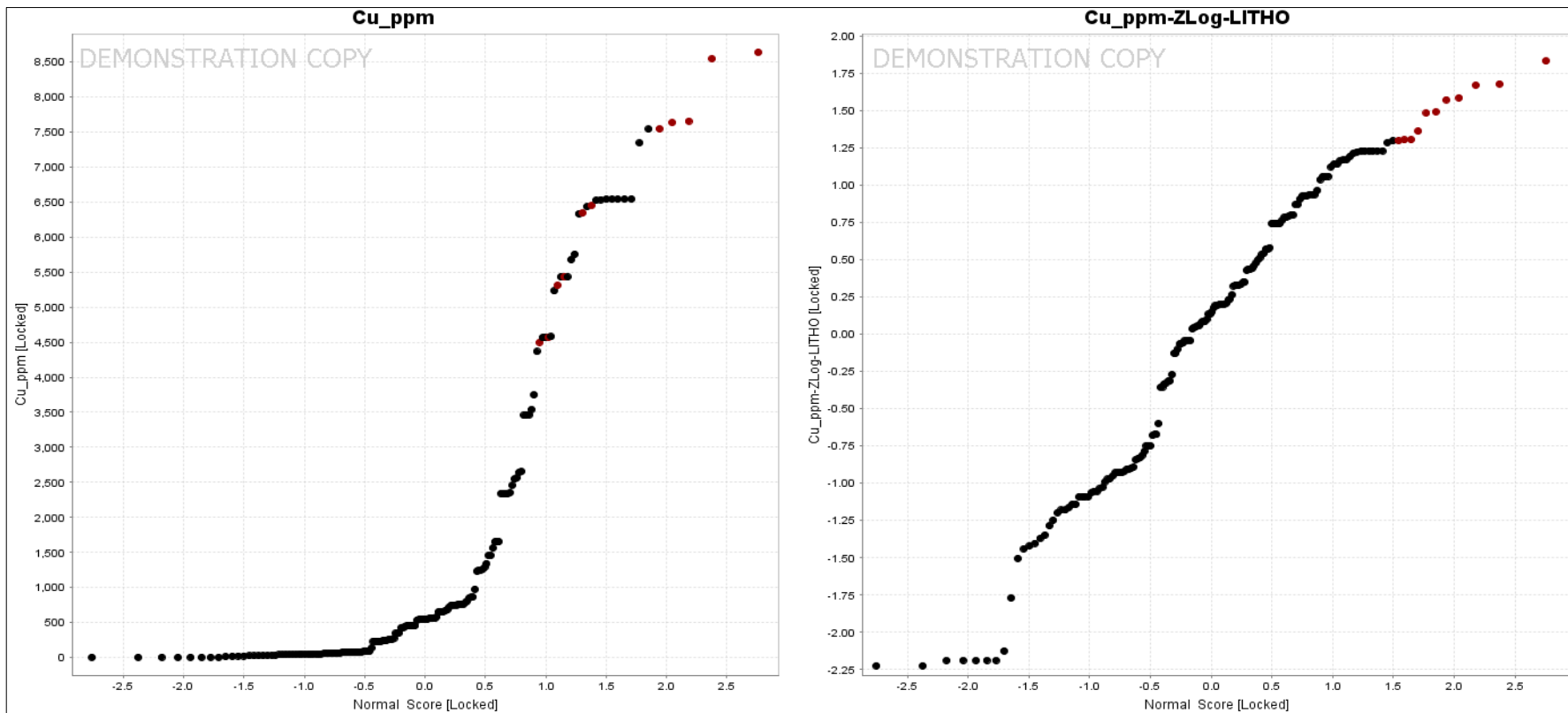


Figura 7. Puntos anómalos constantes y equidistantes de Cu

**Zonas Anómalas de Cobre con puntos de muestreo**

En el gráfico de la izquierda observamos tres zonas de anomalías de cobre con sus respectivos puntos de muestreo los datos aún no han sido normalizados presentando zonas anómalas que están de color plomo, en el gráfico de la derecha ubicamos dos zonas anómalas principales de cobre con sus respectivos puntos de muestreo que se encuentran de color rojo

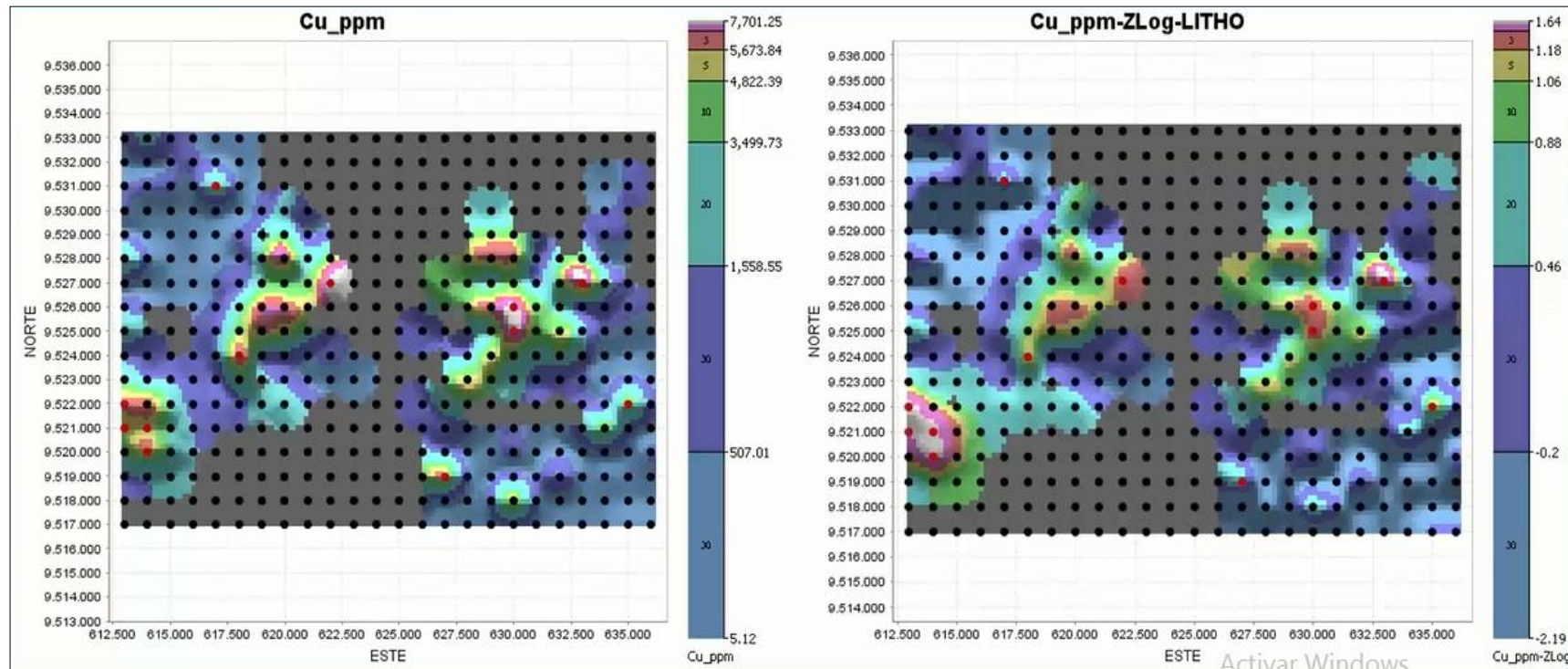


Figura 8. Mapa de Zonas Anómalas de Cobre

### 3.3. Determinación de la litología que alberga cobre

En la Figura 9. Mapas de Concentración de Cobre con Puntos de Litología. Se observa en los mapas que las concentraciones de cobre se encuentran en las rocas intrusivas del Batolito de Tangula que están representadas por puntos de color rojos y las zonas de anomalía secundaria representadas por rocas dacíticas de la Formación Piñón (K) que están representadas por puntos de color verde.

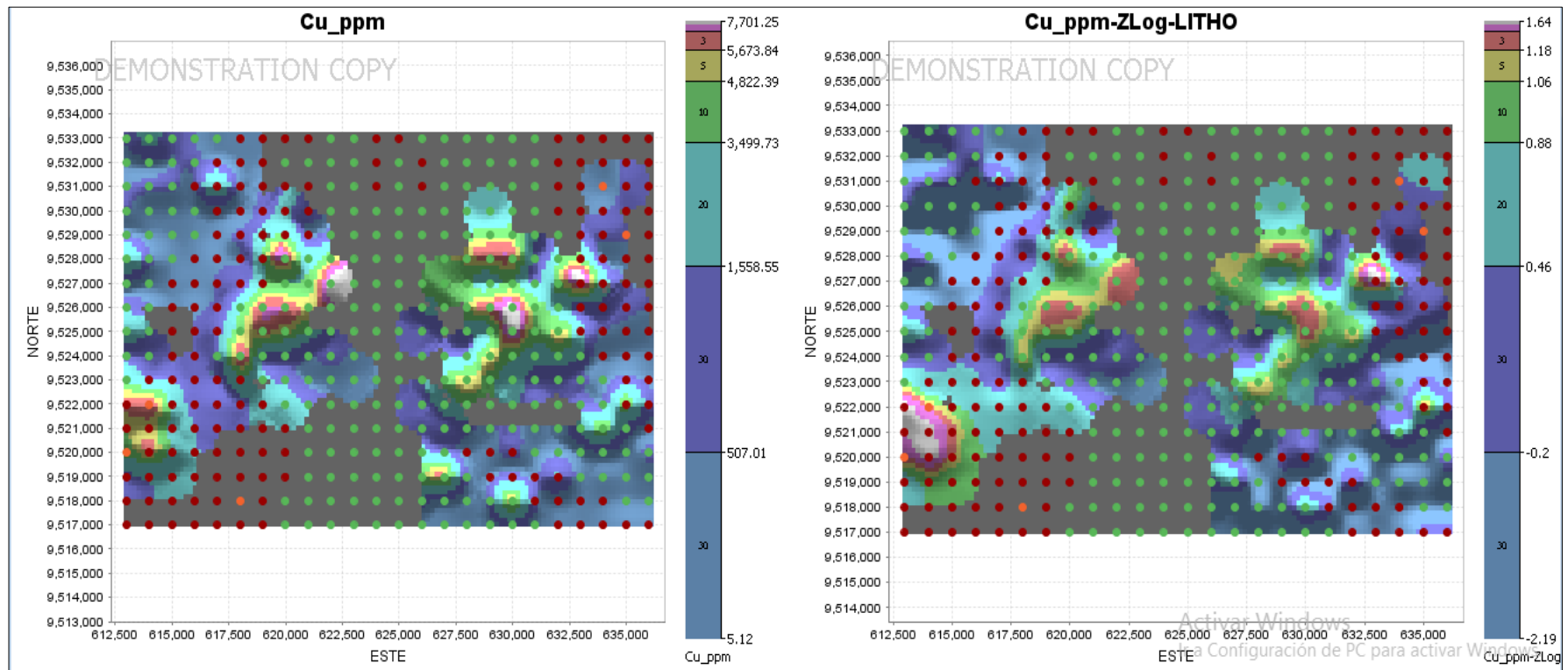


Figura 9. Mapas de Concentración de Cobre con Litología.

En la Figura 10. Diagrama de probabilidades de Cobre Asociados con la Litología. En el gráfico de la derecha vemos que las mayores concentraciones de cobre están asociadas a los intrusivos del Batolito de Tangula a partir de 1.5 de ppm de cobre que están representadas en puntos de color rojo en la parte superior izquierda

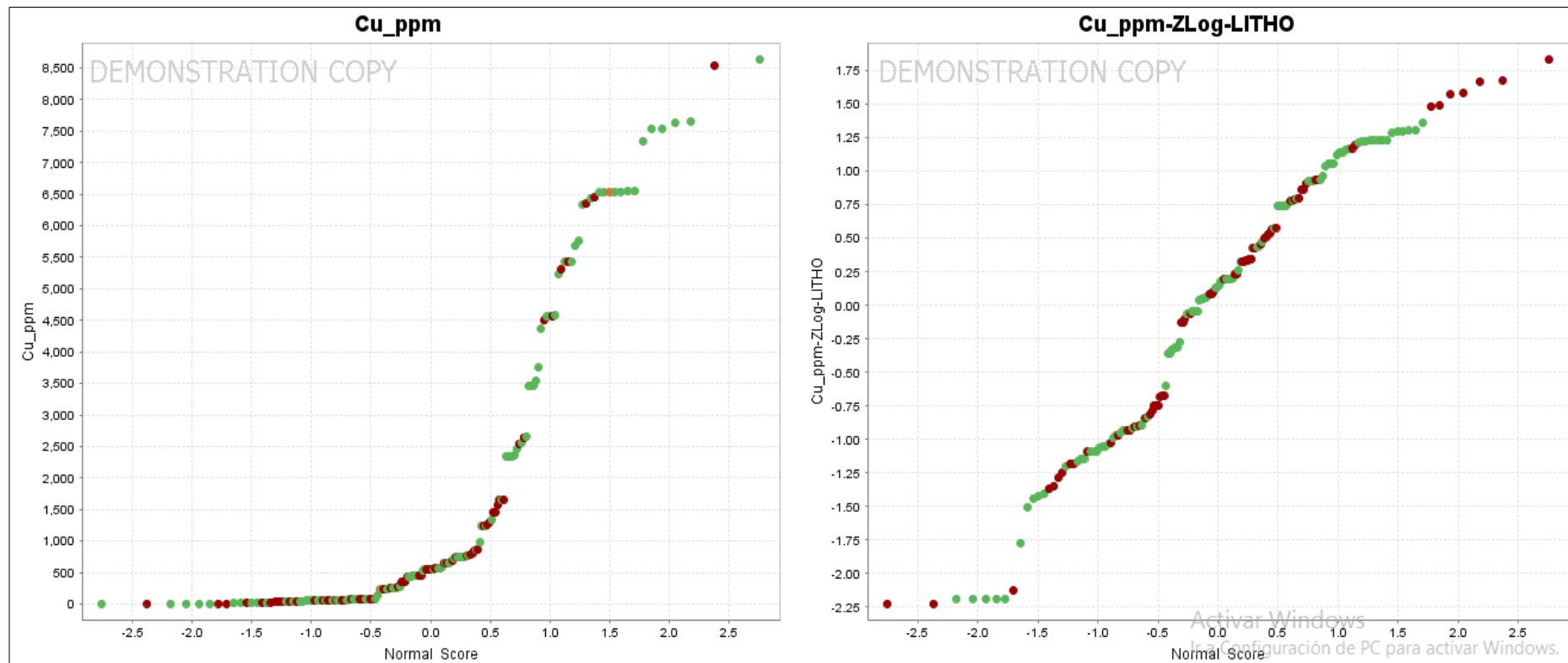


Figura 10. Diagrama de probabilidades de Cobre asociados con la Litología

En el Variograma de Cobre se observa que el distanciamiento o Alcance óptimo del muestreo para determinar una influencia de correlación adecuada es de hasta 6000 metros, fuera de este, la correlación de muestras de plata no presentarían una buena relación entre ellas.

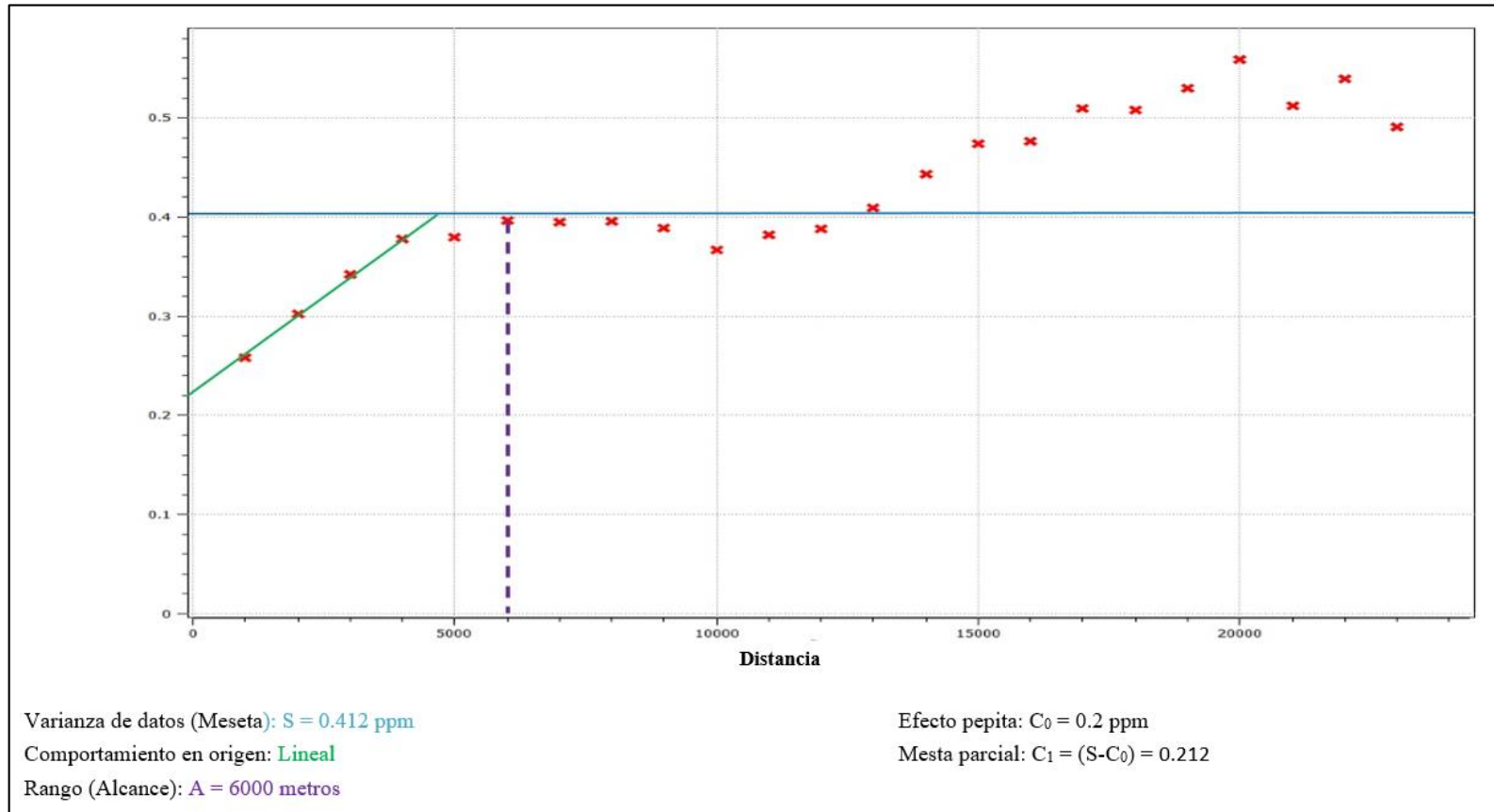


Figura 11. Variograma del cobre

### 3.1.2. Analisis de variables estadísticas de los datos de Molibdeno

En el diagrama de cajas y bigotes, en el gráfico de la izquierda vemos una distribución no nivelada con el diagrama de caja y bigotes sin simetría debido que el tramo Q1 a Q2 tienen valores concentrados que se encuentran entre 73 y 236 ppm respectivamente, estos valores aún no han sido nivelados y representan el 25% inicial de los datos que se encuentran no tan dispersados como si lo está el tramo de Q2 y Q3 que representa el 25% restante de los valores de las muestras, estos datos al ser nivelados en base a logaritmo 10 cambian sus valores como se observa en el gráfico de la derecha donde el valor del extremo superior de las muestras es 1.25 ppm y el extremo inferior es -2.40 de Mo, el tramo Q2 y Q3 tiene valores que van desde 0.25 ppm hasta 0.908 ppm de Mo y representa el 25% restantes de las muestras, indicando que representa mayor concentración de muestras.

Los datos normalizados se encuentran entre Q1 y Q3 es decir de -0.655538 ppm a 0.908468 ppm.

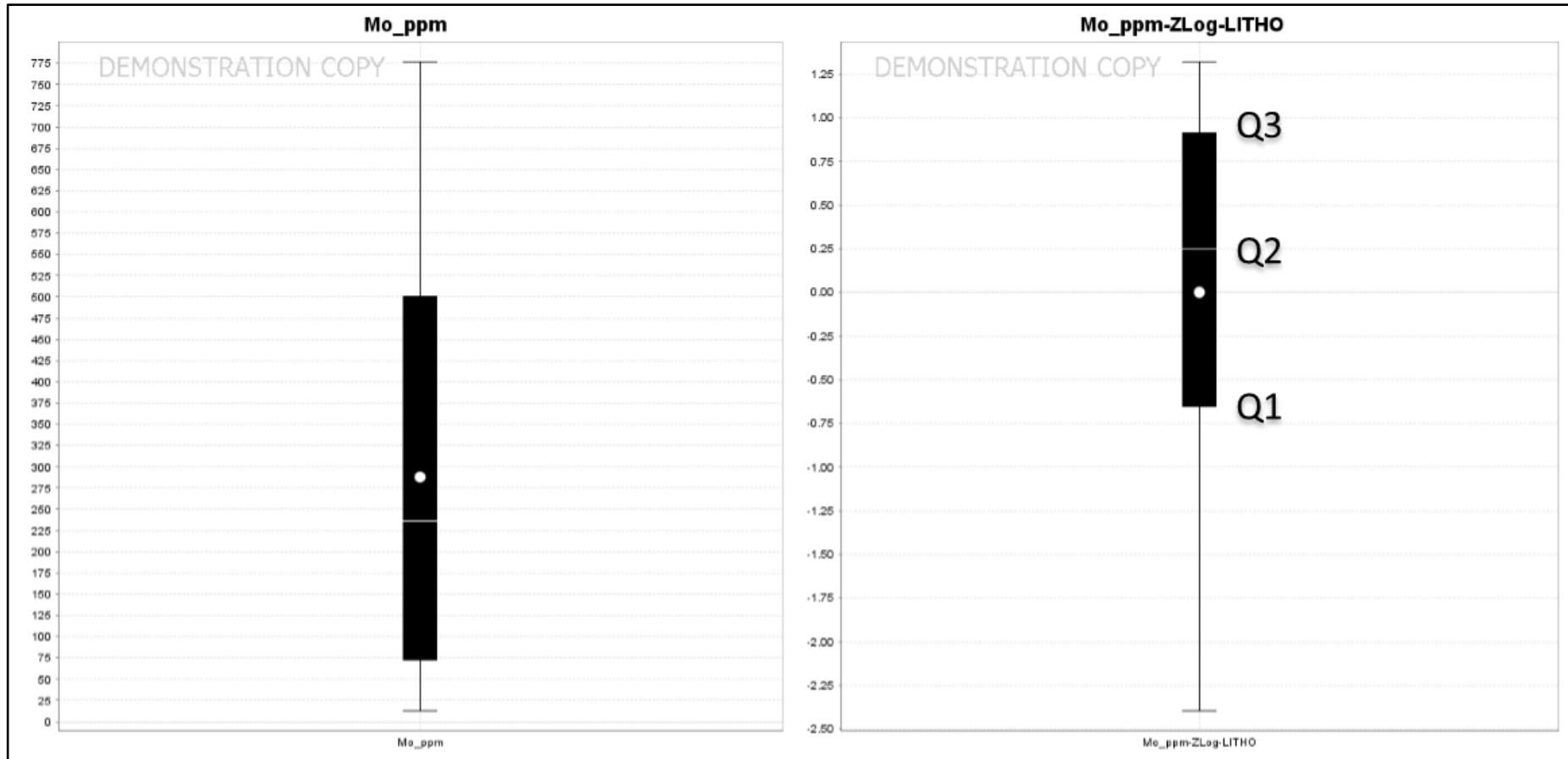


Figura 12. Diagrama de cajas y bigotes de Molibdeno



### Análisis de distribución de datos de Molibdeno

En el gráfico de la izquierda se muestra los datos no nivelados en ppm de molibdeno representada por una curva no simétrica y en el gráfico de la derecha se muestra los datos nivelados presentando una curva q se asemeja a una recta la cual nos indica zonas anómalas a partir de 1.25 ppm como se muestra en el gráfico de la derecha.

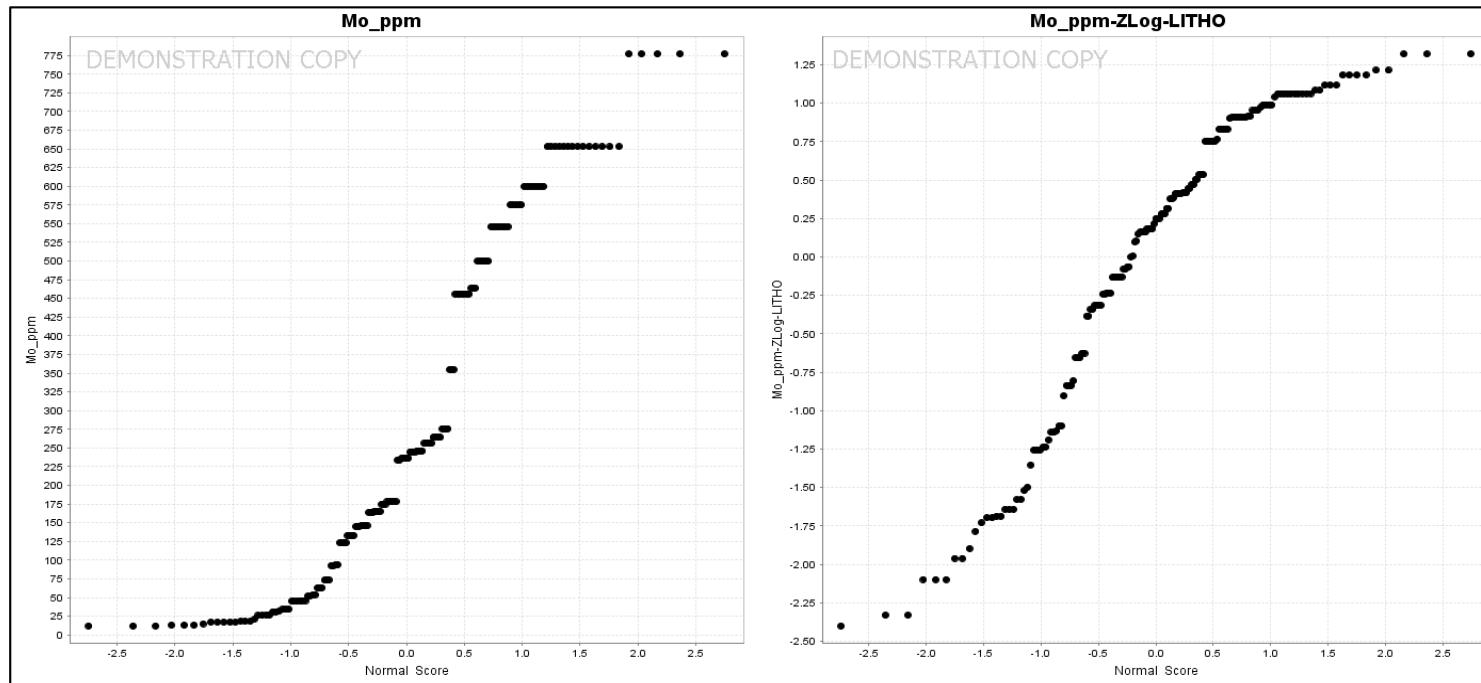


Figura 13. Diagrama de probabilidades de Mo

### Concentración de molibdeno

En el gráfico de la izquierda hay dos zonas de anomalías de Mo que se encuentran de color plomo que son el resultado de los datos crudos y en el gráfico de la derecha observamos también dos zonas anómalas, una de ellas ha cambiado de lugar debido a que estos datos ya han sido normalizados obteniendo valores distintos en cada gráfico como se muestra en el gráfico de la derecha donde la anomalía secundaria se transforma a un zonal principal anómala de molibdeno.

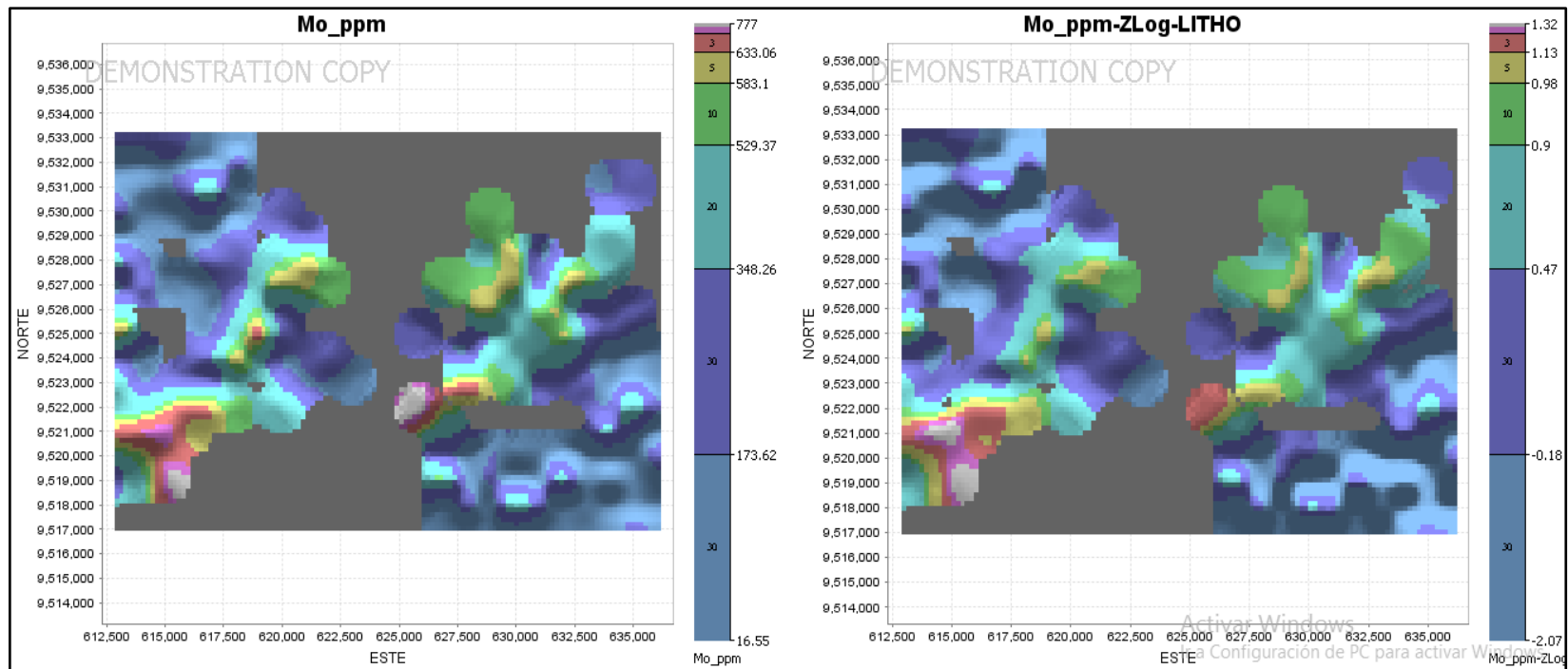


Figura 14. Mapas de Concentración de Molibdeno

### Zonas Anómalas de Molibdeno

- a) En el gráfico de la derecha se muestra los puntos anómalos de molibdeno (triángulo rojo) y en el gráfico de la izquierda los puntos se encuentran muy dispersos entre si

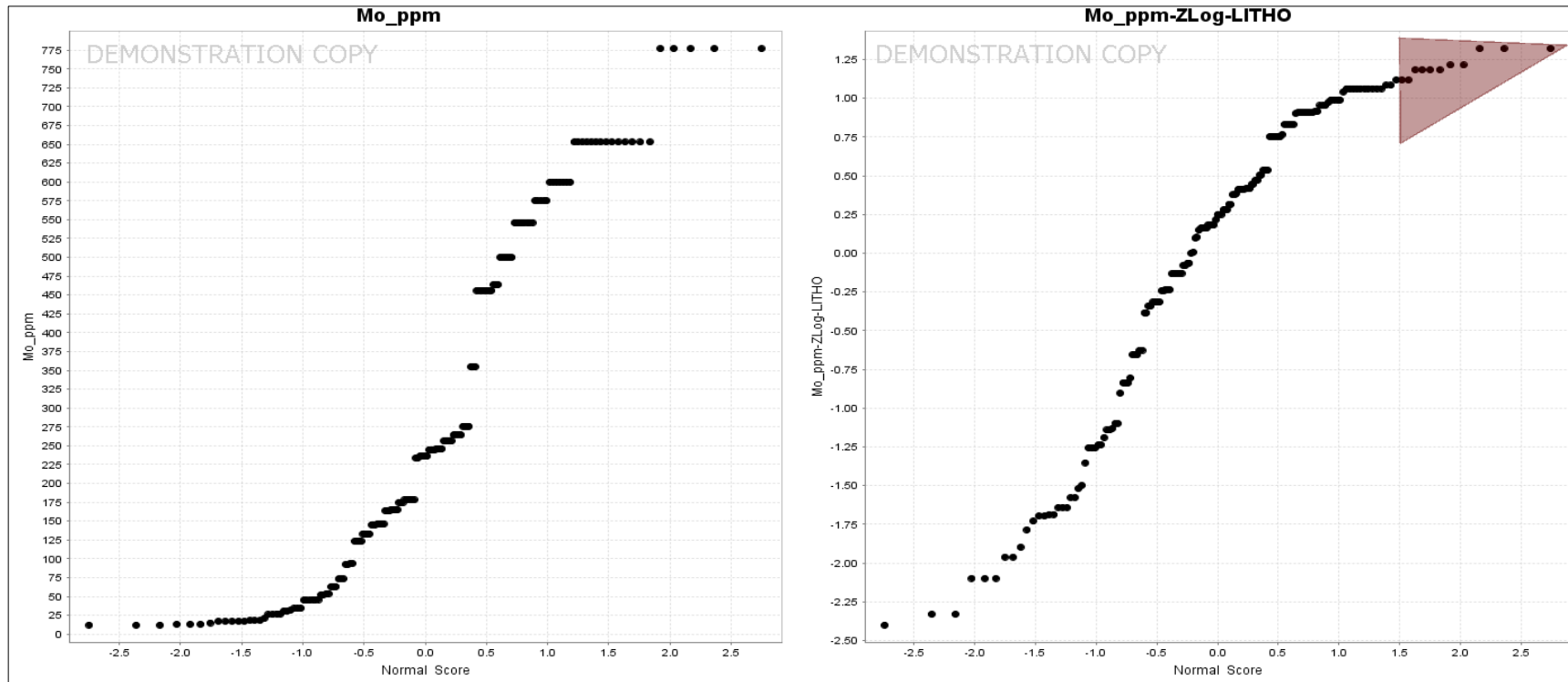


Figura 15. Identificación de puntos de anomalías de Mo

b) Los puntos de anomalías de Mo en el gráfico de la derecha de color rojo están distanciadas entre sí y corresponde al 1.5 de desviación estándar para obtener anomalías de Mo debido a que el programa nivela los datos utilizando el método de Log Z score en base 10, caso contrario al gráfico de la izquierda donde las anomalías de Mo se encuentran mezcladas y dispersadas entre sí pudiendo llevar a errores en la toma de decisiones para determinar en el terreno blancos de exploración pues como se ve el gráfico de la izquierda

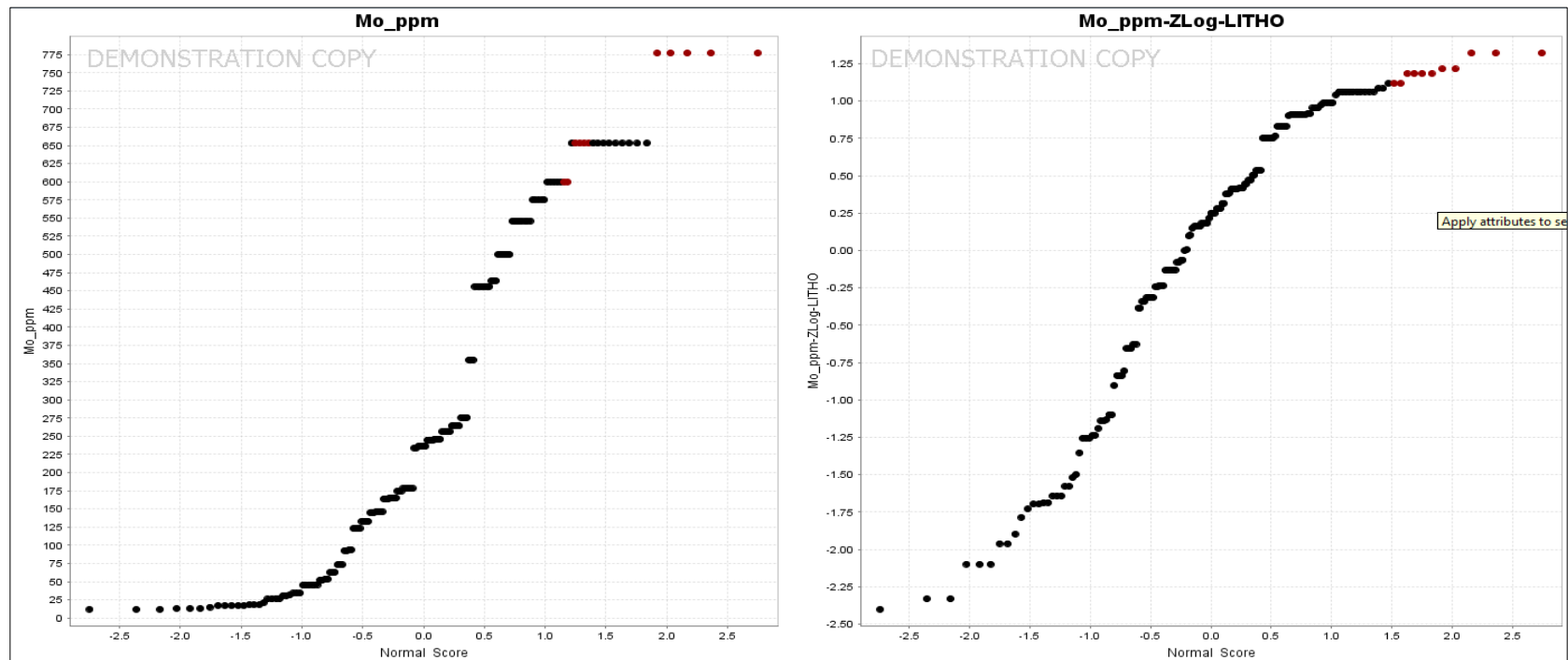


Figura 16. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Mo

Figura 22. Zonas Anómalas de Molibdeno. En el gráfico de la izquierda observamos dos zonas de anomalías principales de molibdeno de color plomo con sus respectivos puntos de muestreo de color rojo, estos datos aún no han sido normalizados y presentarán cambios como se muestra en el gráfico de la derecha que después de una nivelación de las muestras las zonas anómalas principales cambiarán pasando a ser secundarias como se muestra en el gráfico de la derecha

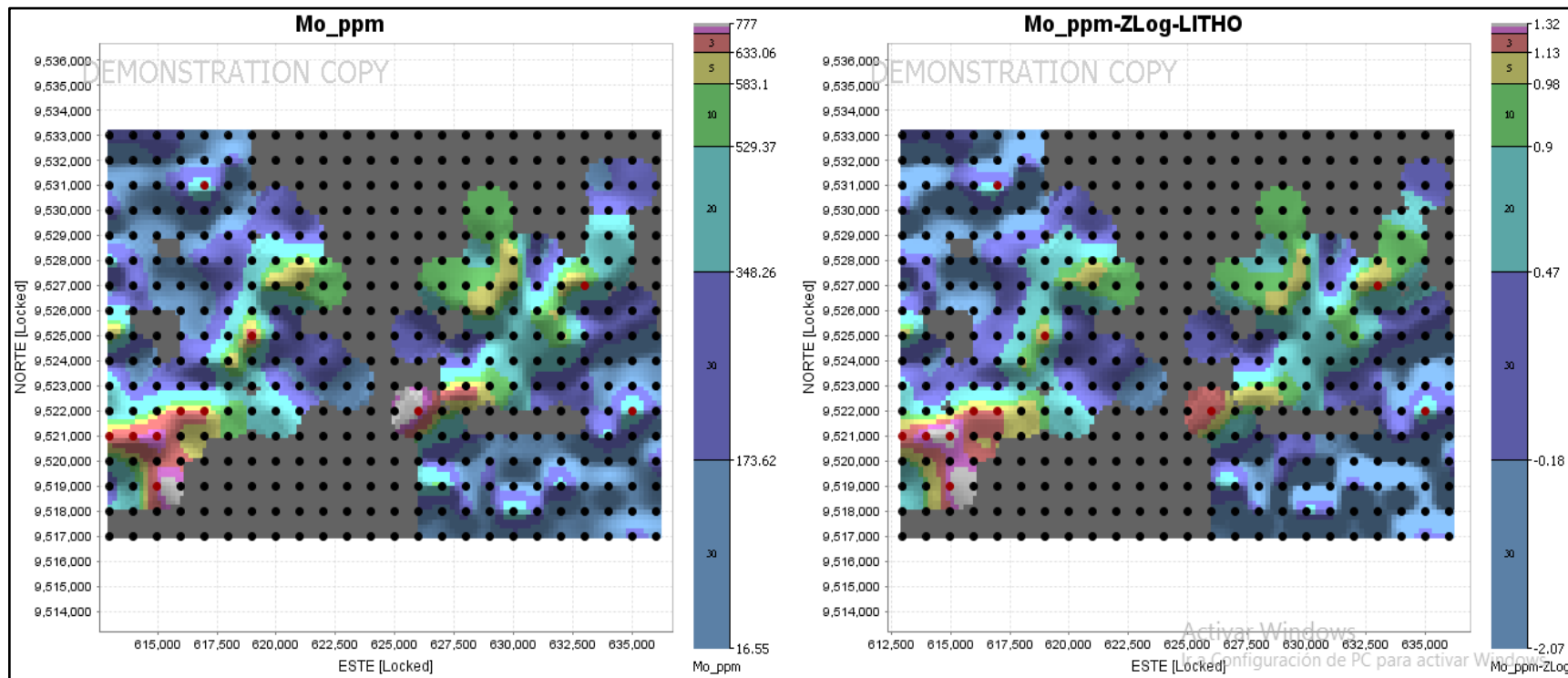


Figura 17. Zonas Anómalas de Molibdeno.

**Mapas de concentración de Molibdeno con puntos de litología.**

Se observa en los mapas que las concentraciones anómalas principales de molibdeno se encuentran en las rocas intrusivas de la Formación que están representadas por puntos de color rojos y las zonas de anomalía secundaria se encuentra tanto en las rocas dacíticas de la Formación Piñón (K) representadas por puntos de color verde como las rocas intrusivas del Batolito de Tangula (G)

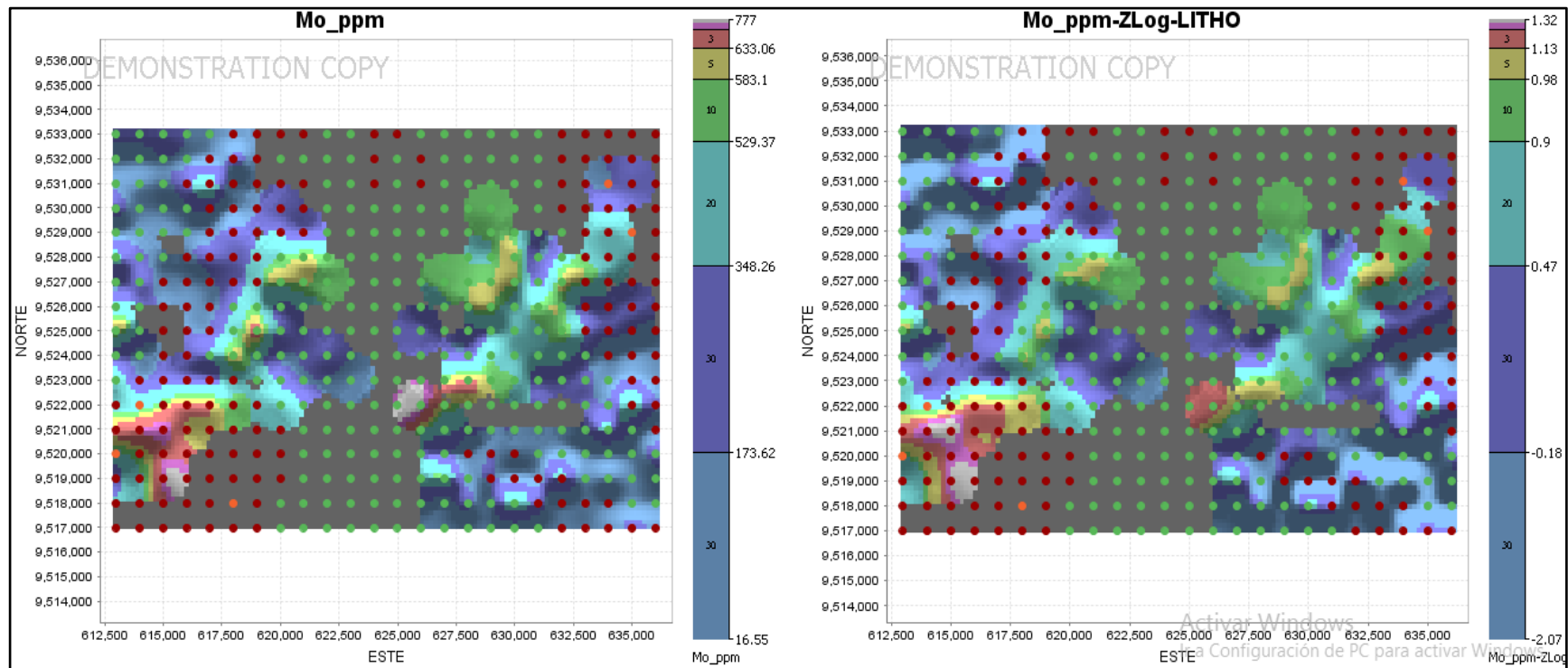


Figura 18. Mapas de concentración de Molibdeno con puntos de litología.

**Diagrama de probabilidades de Molibdeno Asociadas con la Litología.**

En el gráfico de la derecha vemos que las mayores concentraciones de molibdeno están asociadas a los intrusivos del Batolito de Tangula (G) representados con punto de color rojo y a las rocas dacíticas de la Formación Piñon (K) representados con puntos de color verde marcadas

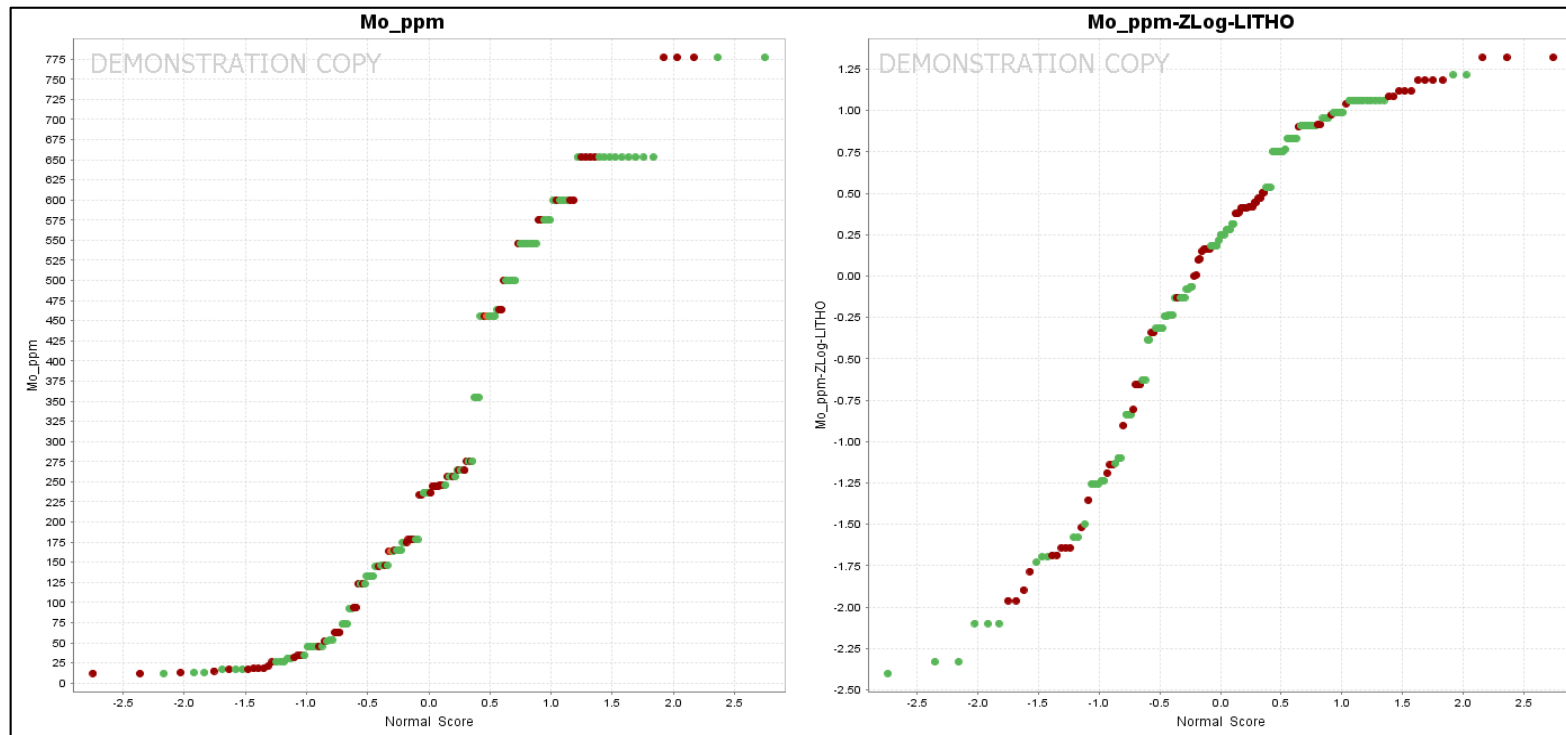


Figura 19. Diagrama de probabilidades de Molibdeno asociadas con la Litología.

En el Variograma de Molibdeno, el distanciamiento o Alcance óptimo del muestreo para determinar una influencia de correlación adecuada es de hasta 9000 metros, fuera de este, la correlación de muestras de plata no presentaría una buena relación entre ellas

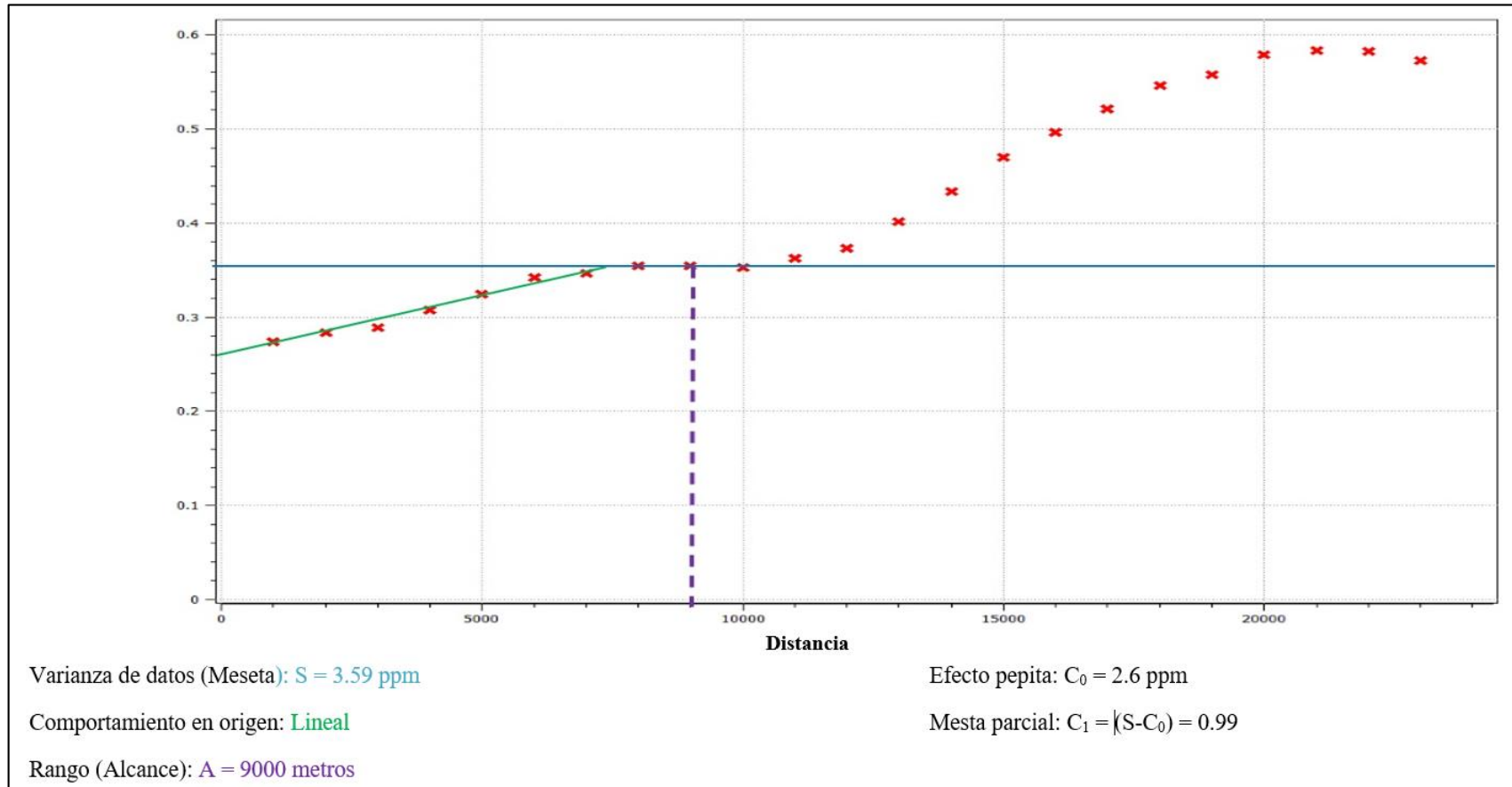


Figura 20. Variograma del Molibdeno



### 3.5. Anomalías de oro

En el Diagrama de caja y bigotes de Oro, vemos que en las figuras izquierda y derecha el diagrama de caja no existe, solo se observa los valores atípicos extremos superiores que se observan como triángulos negros que son anomalias de oro en la figura de la derecha los valores han sido nivelado en base al logartimo 10 sin embargo esto volores no tienen un cambio significativo en su estructura y solo se observa los valores atípicos extremos superiores que se encuentran entre los valores de 1.01 a 6.5 ppb, en este caso en particular tendremos que tener mas énfasis en la geología del terreno para considerar o no zonas anómálicas

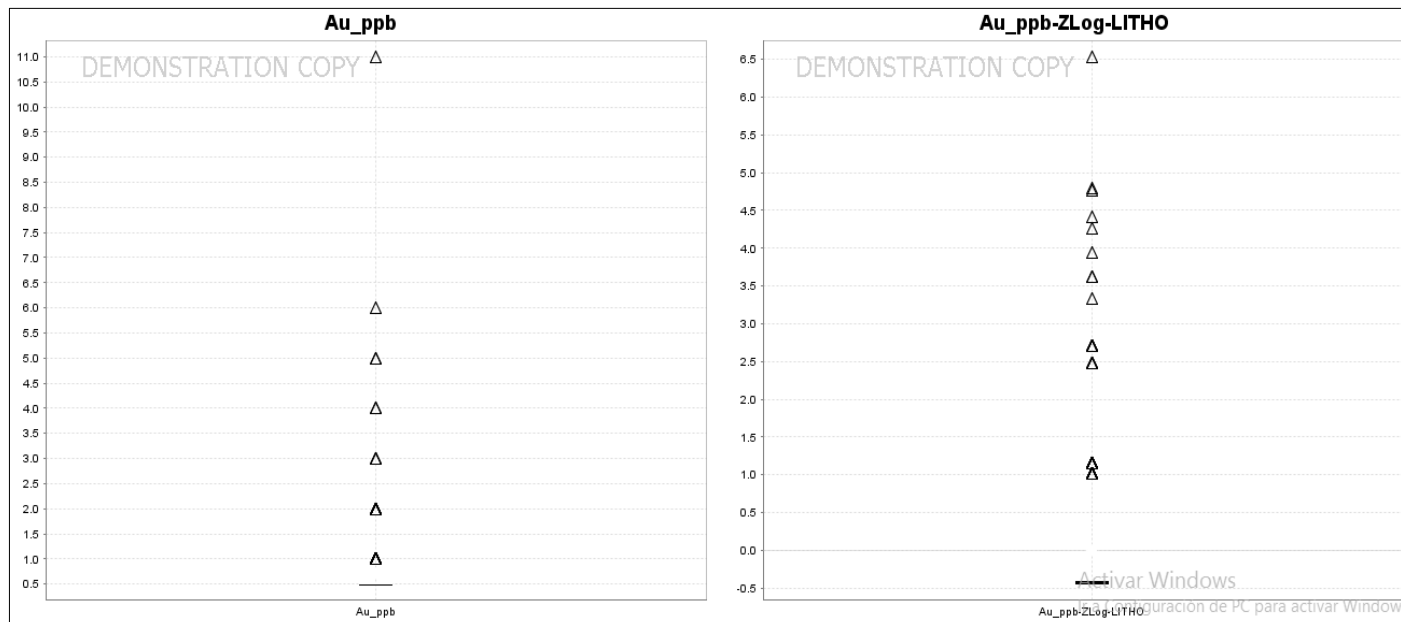


Figura 21. Diagram de cajas y bigotes de Oro.

A continuación, en gráfico de la izquierda se muestra los datos no nivelados en ppb con una dispersión distante, en el gráfico de la derecha se muestra los datos nivelados presentando una zona anómala principal que se marca a partir de 1.5 ppb.

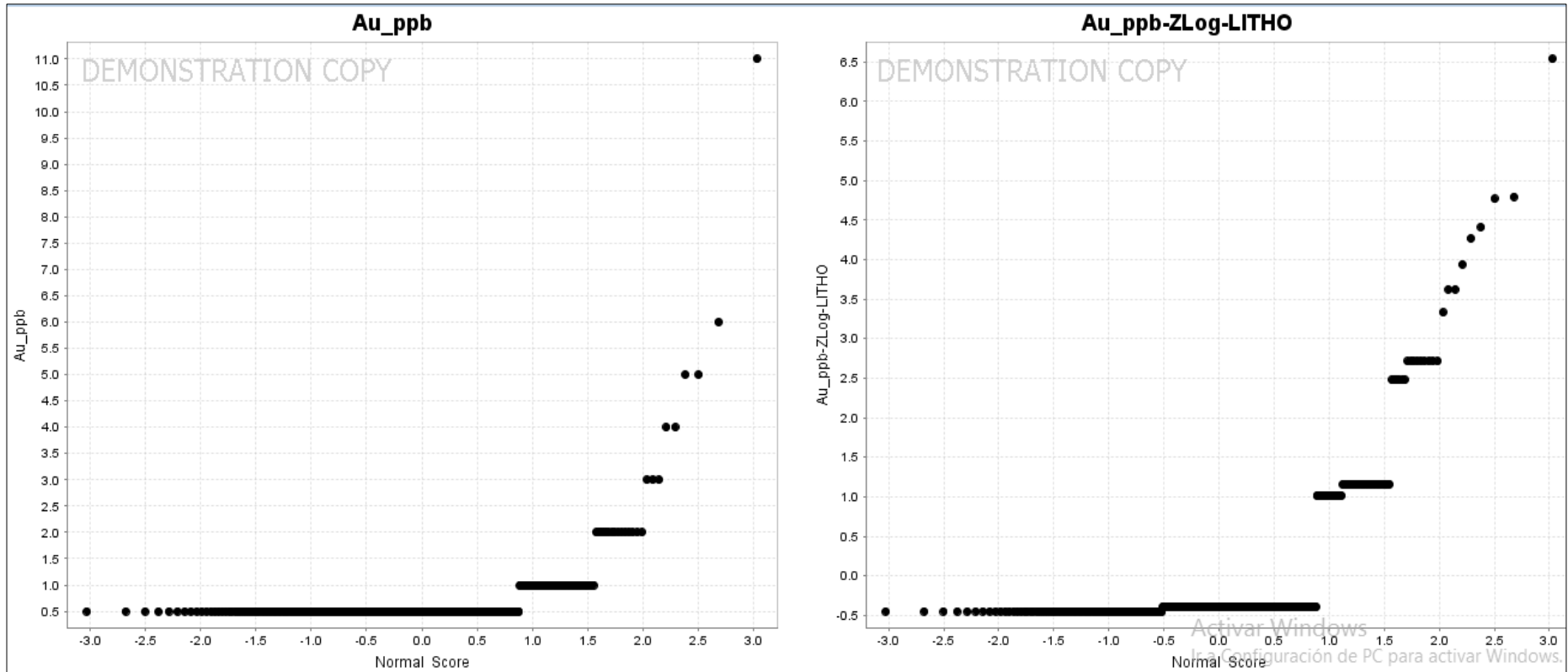


Figura 22. Diagrama de probabilidades de Au

Para el Mapa de Concentración de Oro. En el gráfico de la izquierda vemos seis zonas de anomalías de Au que se encuentran de color plomo y son el resultado del cálculo de datos crudos; en el gráfico de la derecha observamos nueve zonas anómalas debido a que estos datos ya han sido normalizado obteniendo valores distintos en cada grafico pero que pueden ser correlacionados entre sí con los valores de Au en ppb

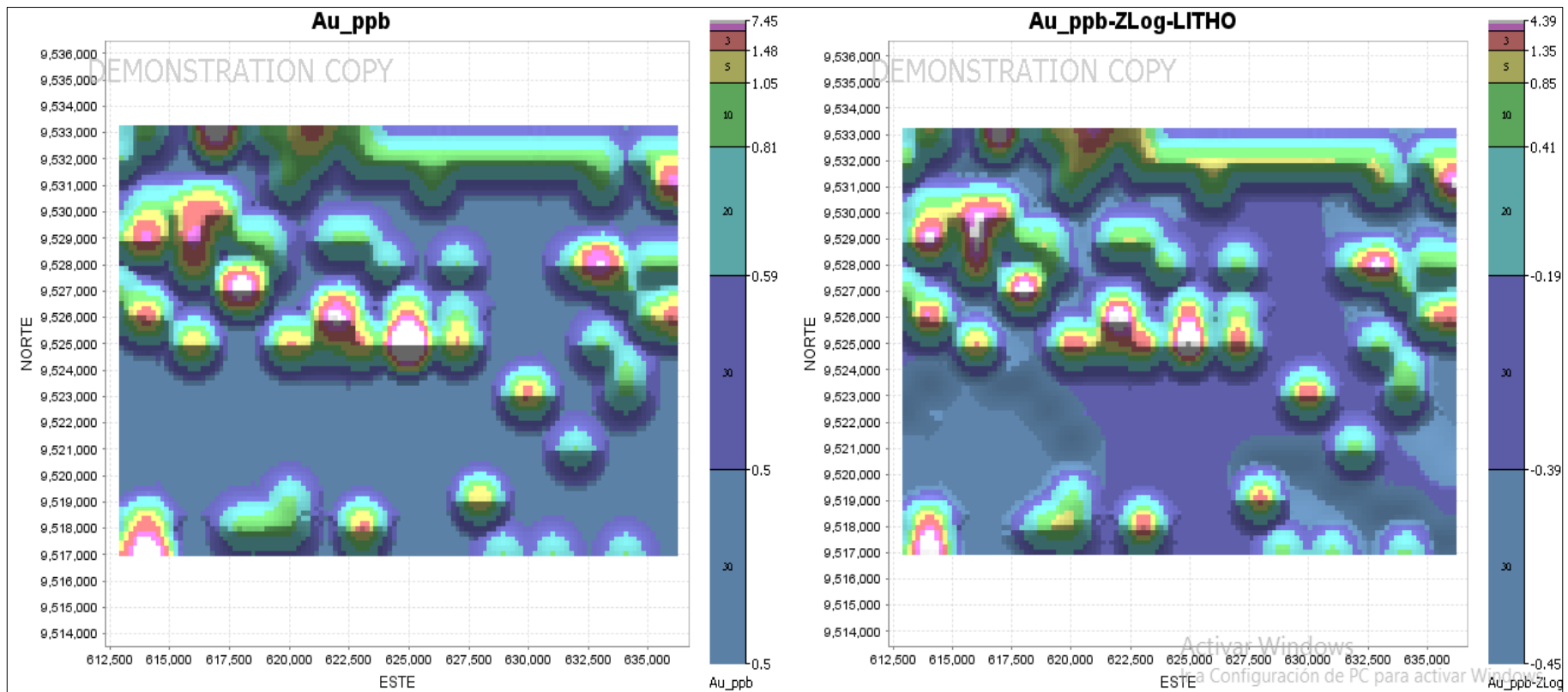


Figura 23. Mapas de Concentración de Oro

Análisis de distribución

- a) En el gráfico de la derecha se muestra las anomalías de oro, triángulo rojo, que se marcan para determinar las zonas anómalas de oro y ver cómo estas anomalías han variado en la figura de la izquierda como se muestra en el grafico 13.b

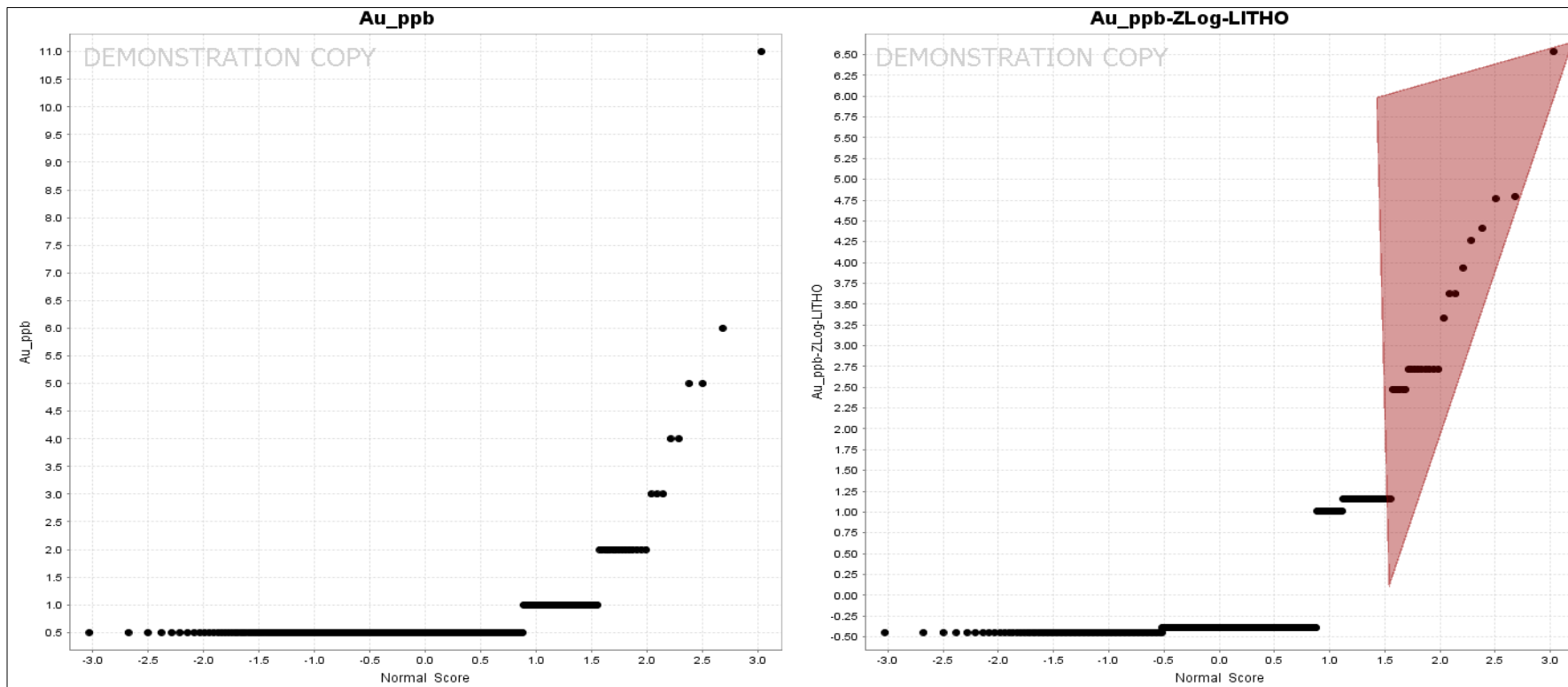


Figura 24. Identificación de puntos de anomalías de Au.

b) Los puntos de anomalías de cobre en el gráfico de la derecha de color rojo son constantes y distanciados entre si caso y en el gráfico de la izquierda las anomalías de oro se encuentran distanciadas entre si alterando el resultado del proceso de datos.

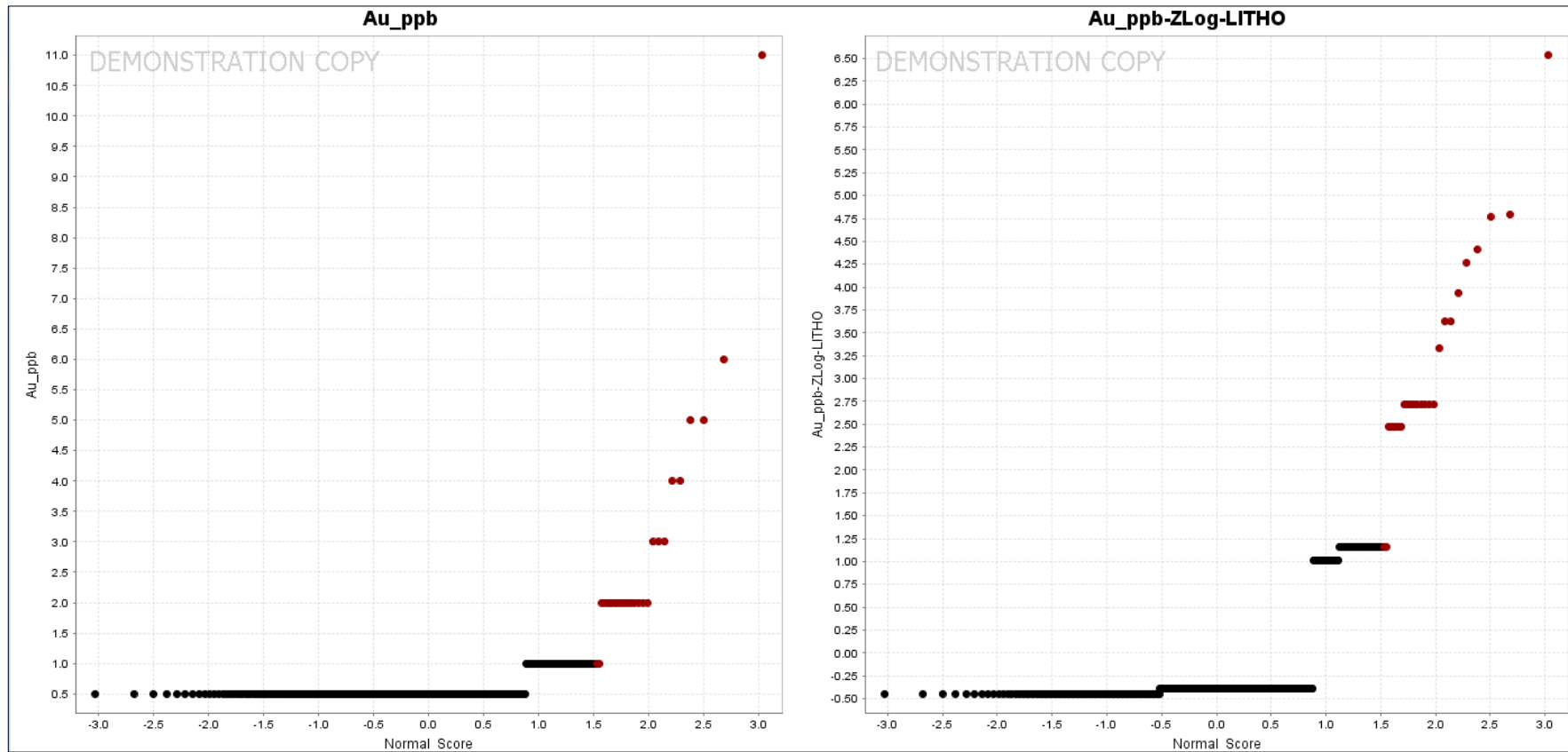


Figura 25. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Au

Para las Zonas anómalas de Oro. En el gráfico de la izquierda observamos seis zonas de anomalías de oro con sus respectivos datos de muestreo en este gráfico los datos aún no han sido normalizados presentando zonas anómalas que se encuentran en color plomo las cuales sufrirán un cambio en el aumento de zonas de mayor concentración anómala como se muestra en el gráfico de la derecha donde ubicamos nueve zonas anómalas de oro con sus respectivos puntos de muestreo que se encuentran de color rojo

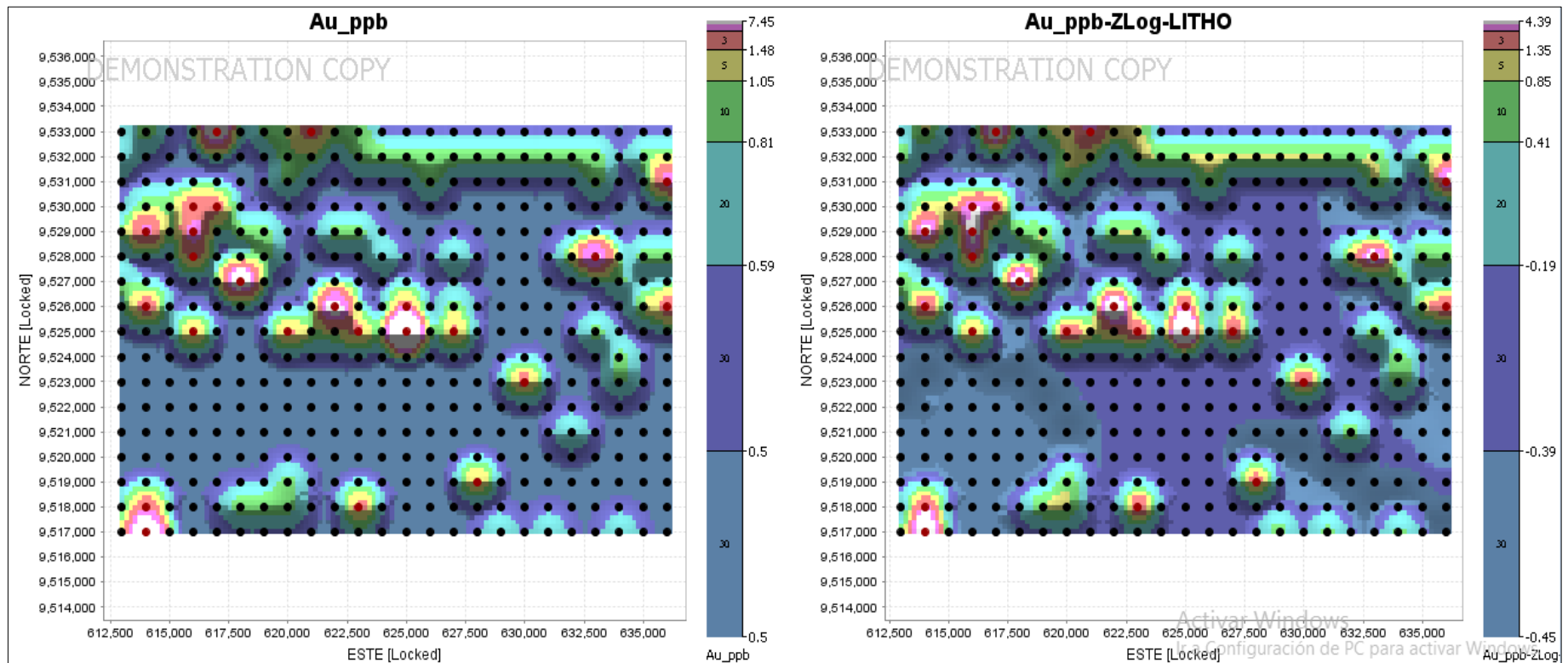


Figura 26. Zonas anómalas de Oro

### 3.6. Determinación de la litología que alberga oro

En los Mapas de Concentración de Oro relacionado con la Litología. Se observa en los mapas que las concentraciones de oro se encuentran tanto en las rocas intrusivas del Batolito de Tangula (G) que están representadas por puntos de color rojos como en las rocas dacíticas de la Formación Piñon (K) que están representadas por puntos de color verde.

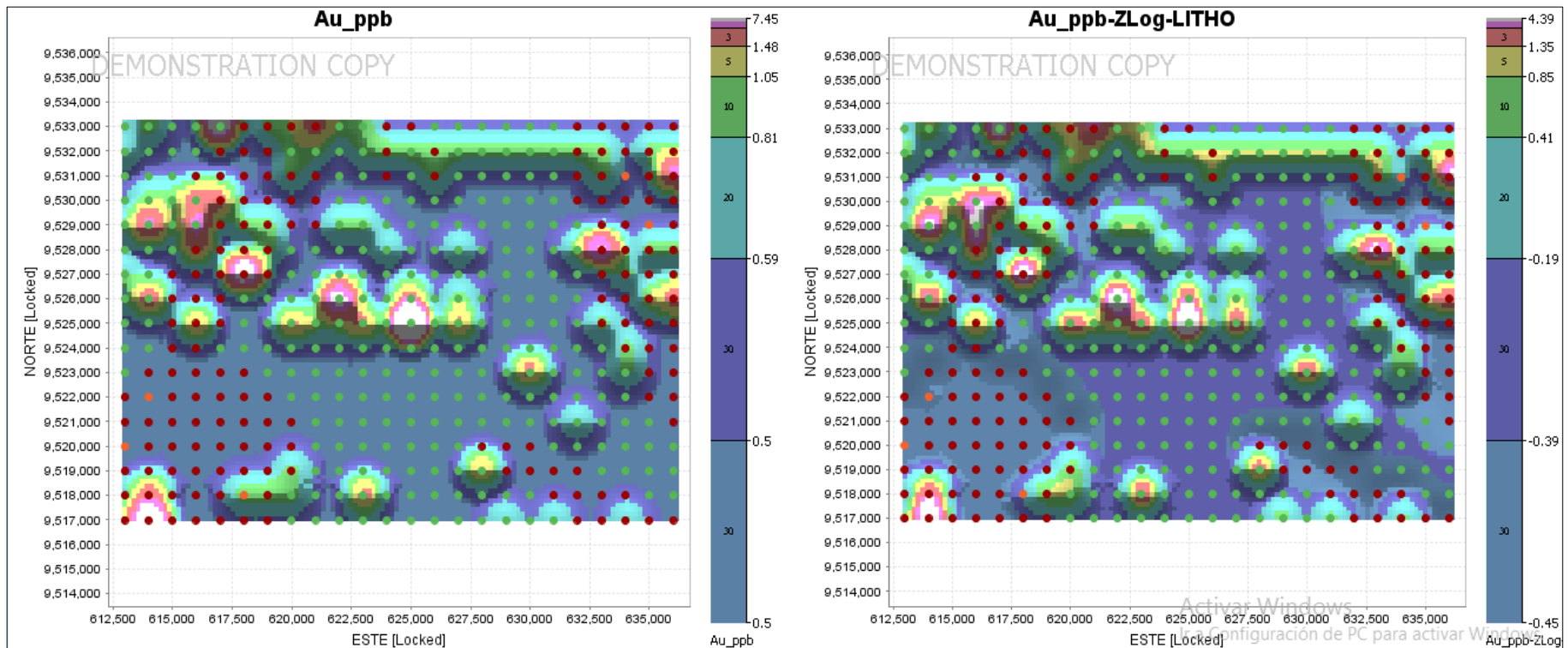


Figura 27. Mapas de Concentración de Oro relacionado con la Litología

En el Diagrama de probabilidades de Oro asociadas con la Litología. En el gráfico de la derecha vemos que las mayores concentraciones de oro están asociados a las rocas basálticas de la Formación Piñon (K) representadas con puntos de color verde en la parte superior derecha

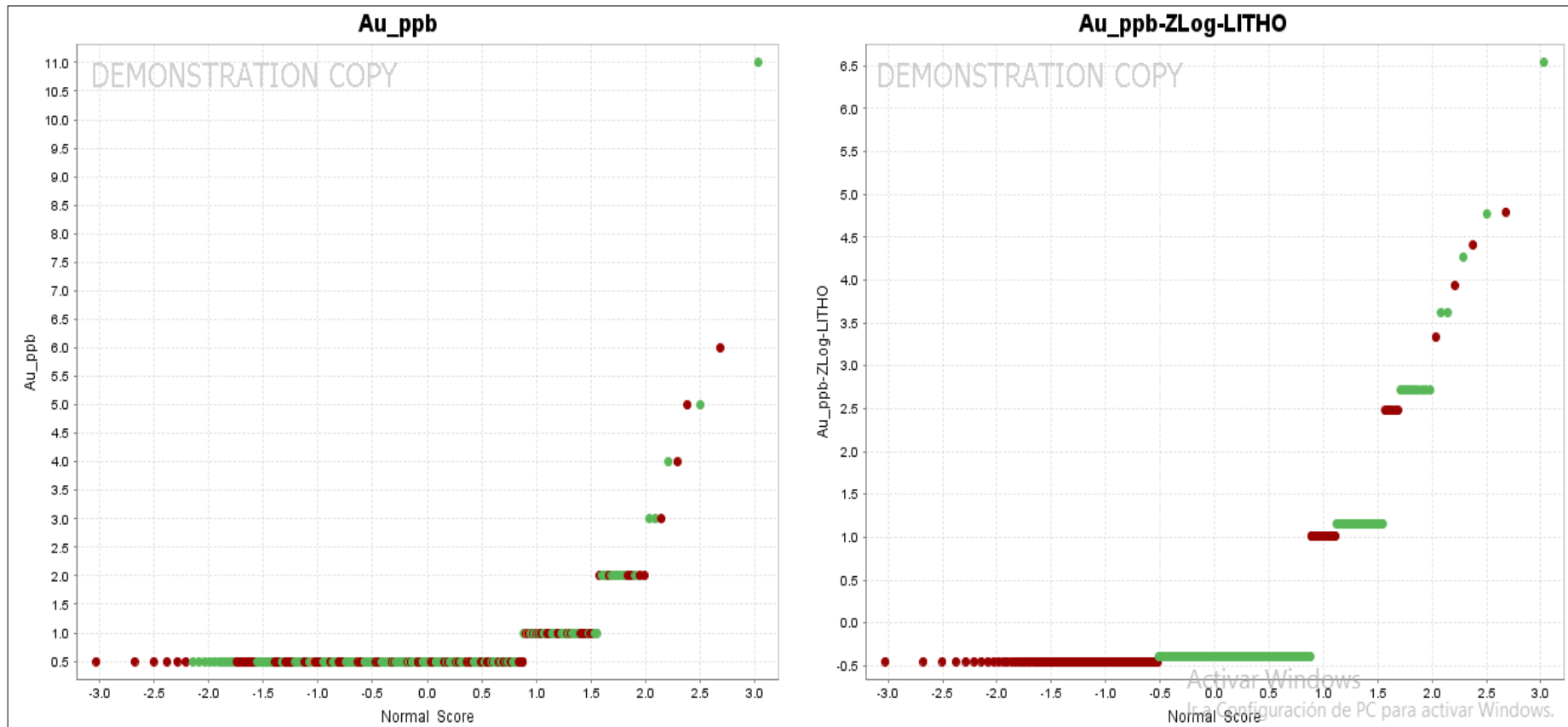


Figura 28. Diagrama de probabilidades de Oro asociadas con la Litología.



En el Variograma de Oro El distanciamiento o Alcance óptimo del muestreo para determinar una influencia de correlación adecuada es de hasta 8000 metros, fuera de este, las correlaciones de muestras de plata no presentarían una buena relación entre ellas.

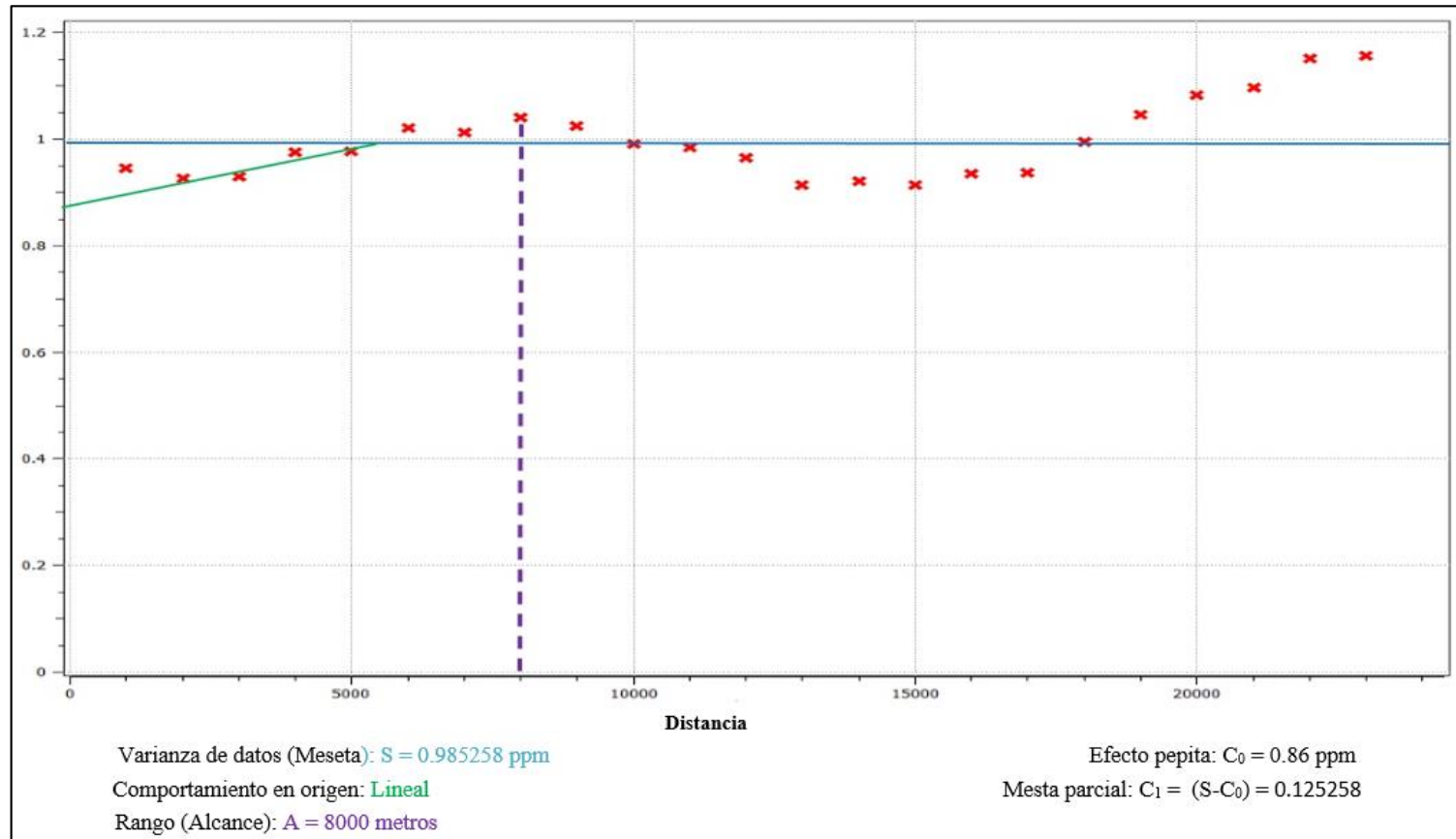


Figura 29. Variograma del Oro

### 3.6. Análisis univariable para Plata Normalizado

El Diagrama de caja y bigotes de Plata. El gráfico de la izquierda muestra un diagrama de caja con valores muy concentrados y con una mediana que no coincide con su media, con un límite inferior asimétrico con un valor de 0.11 ppm de Ag y anomalías a partir de 0.48 ppm de Ag todos estos datos aun no nivelados, en el gráfico de la derecha los datos están nivelados en base al logaritmo 10 y se muestra una distribución casi normalizada pues su mediana está cercana a la media y las líneas verticales o bigotes se muestran con mejor simetría y con valores máximo y mínimo de 2.35 y -1.17 ppm de Ag respectivamente con anomalías a partir de 2.44, el tramo Q2 hasta Q3 representan el 25 % de los valores de las muestras con una distribución asimétrica y con valores superiores a -0.23.

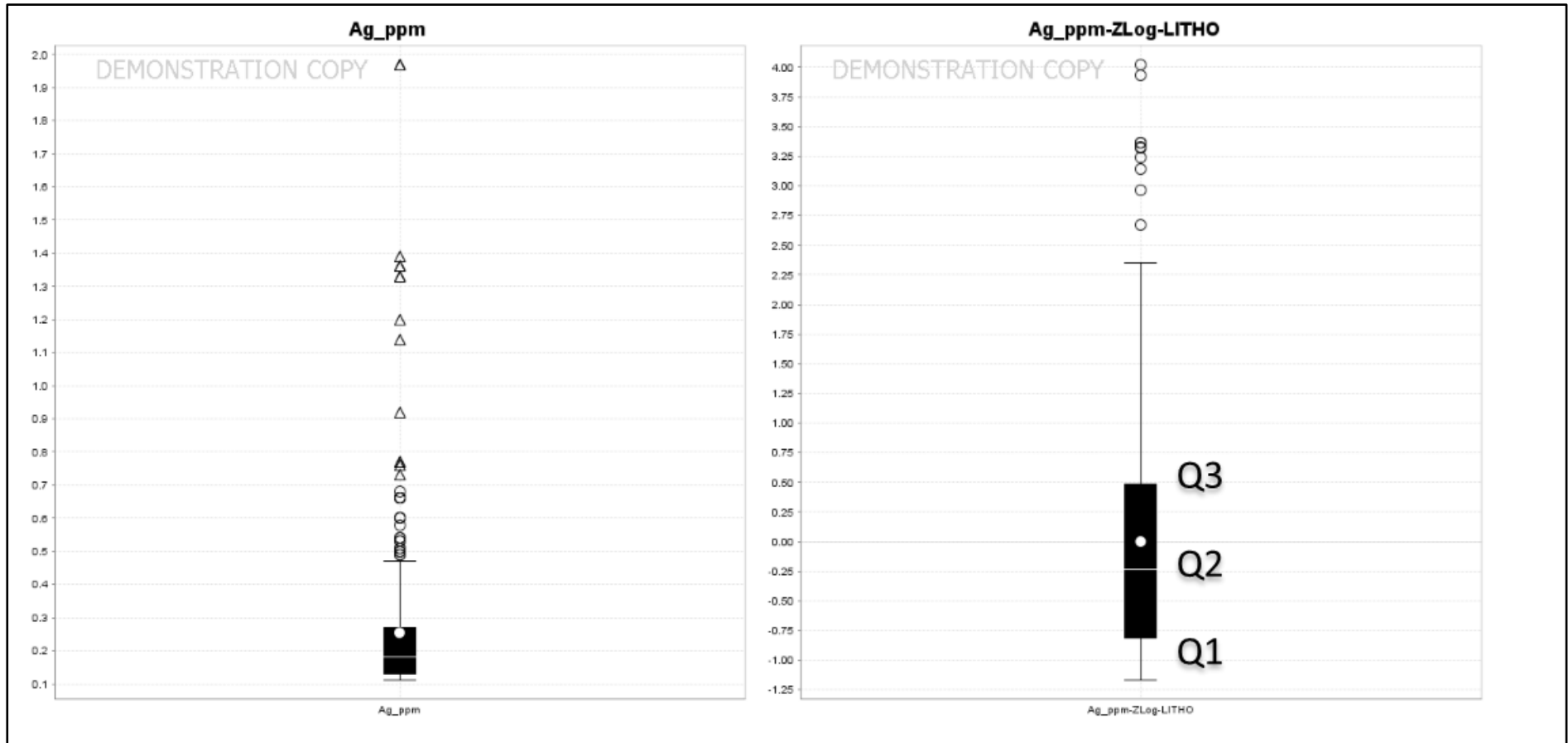


Figura 30. Diagrama de cajas y bigotes de la Plata.

**Diagrama de probabilidades de Plata.**

En el gráfico de la izquierda se muestra los datos en crudo en ppm de plata y en el gráfico de la derecha se muestra los datos nivelados de las muestras de plata distinguiéndose una zona anómala con puntos distantes entre sí ubicado en la parte superior derecha del gráfico.

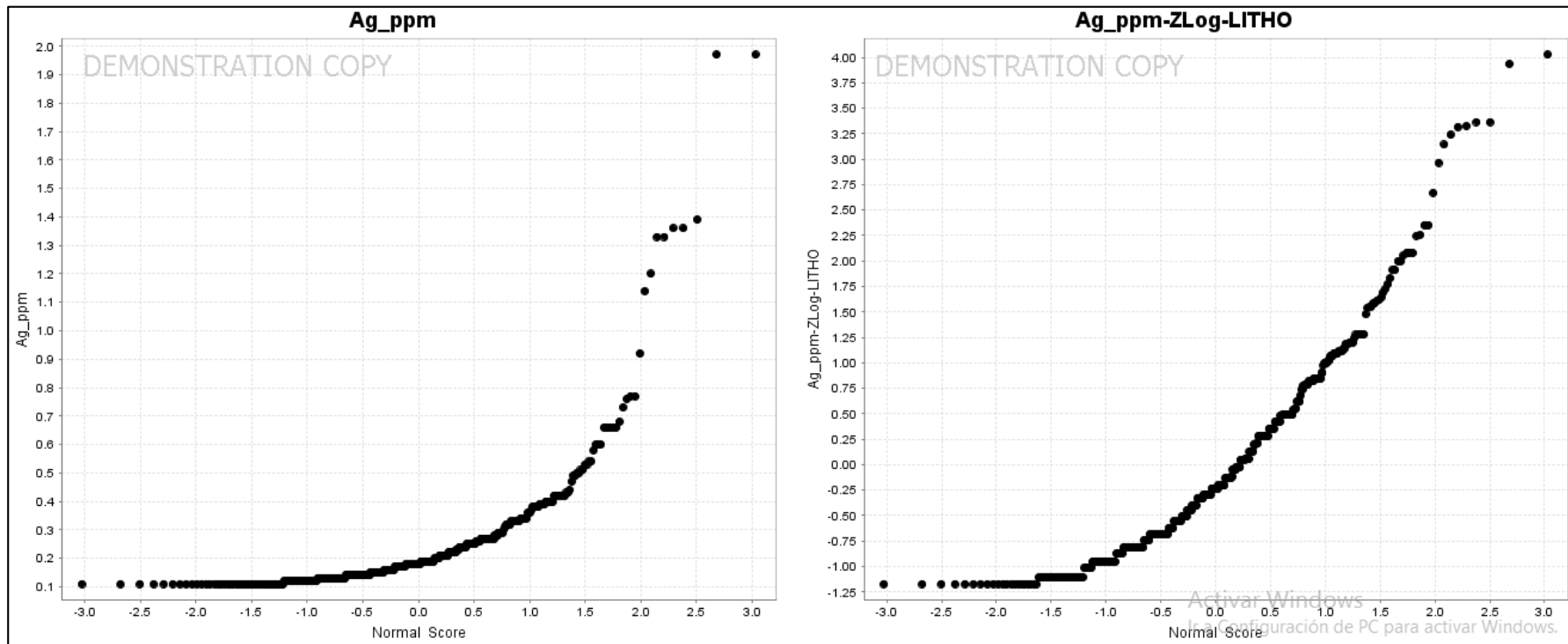


Figura 31. Diagrama de probabilidades de Plata

### Mapas de Anomalías de Plata.

En el gráfico de la izquierda vemos nueve zonas de anomalías de plata que se encuentran de color plomo resultado de los datos crudos de las muestras tomadas en campo de la zona de estudio y en el gráfico de la derecha observamos que estas zonas anómalas no han cambiado de número, pero sí de concentración como se ve en la parte superior izquierda del mapa de anomalías debido a que estos datos ya han sido normalizados.

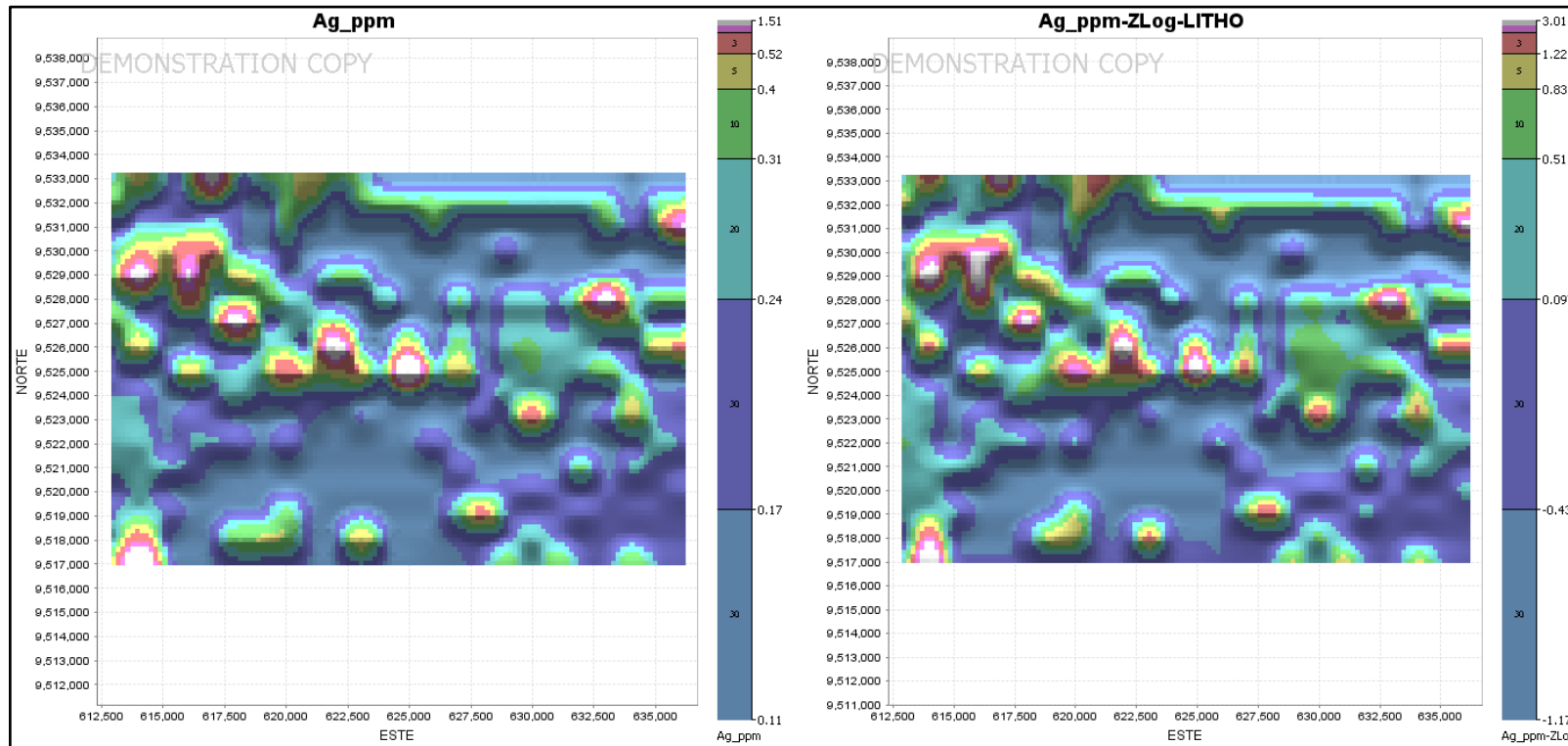


Figura 32. Mapas de Anomalías de Plata

### Zonas anómalas de Plata

- a. En el gráfico de la derecha el triángulo en rojo contiene los puntos anómalos de plata

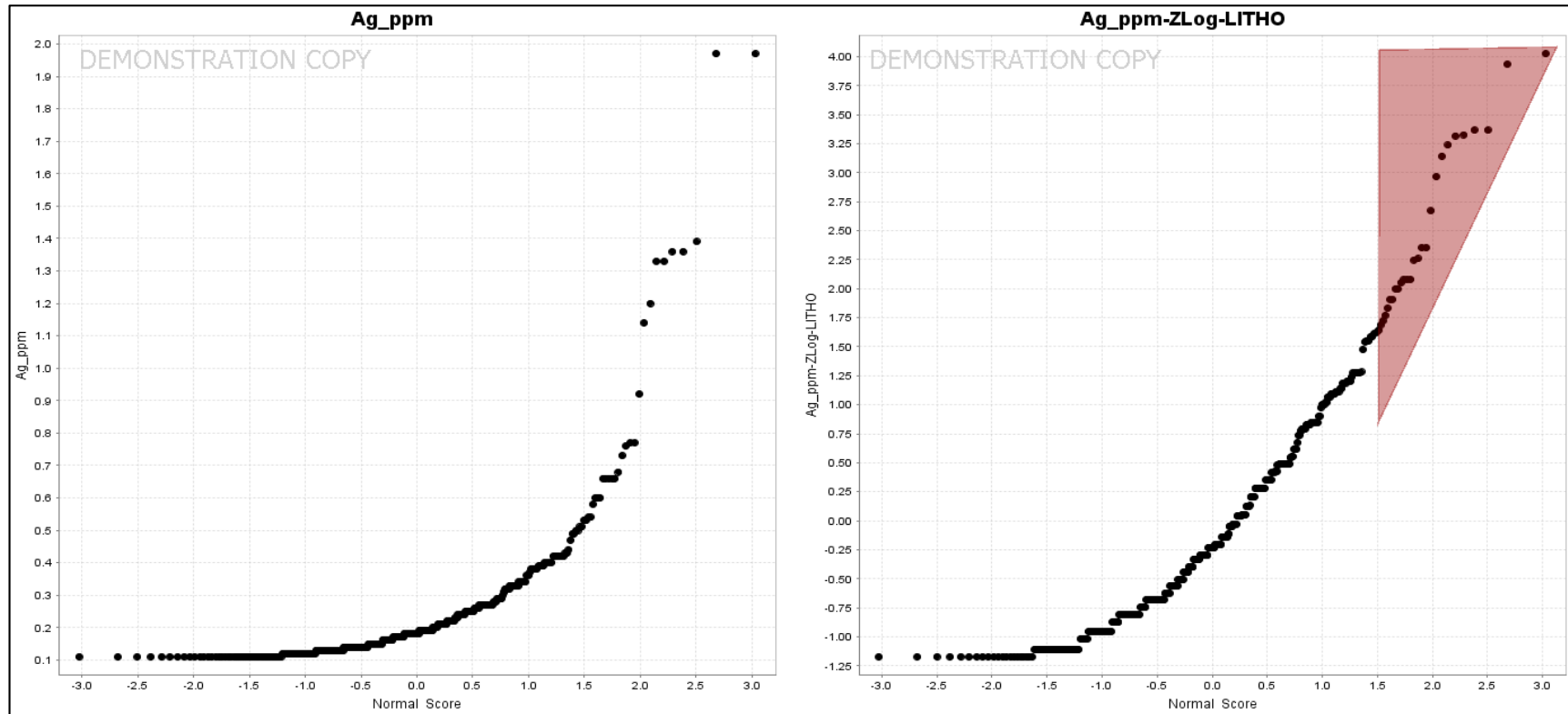


Figura 33. Identificación de puntos de anomalías de Ag

- b. Observamos que luego de la obtener los puntos anómalos en el gráfico de la derecha, están constantes y distanciados entre sí, en el gráfico de la izquierda vemos estas anomalías juntas y muy distanciadas entre ellas

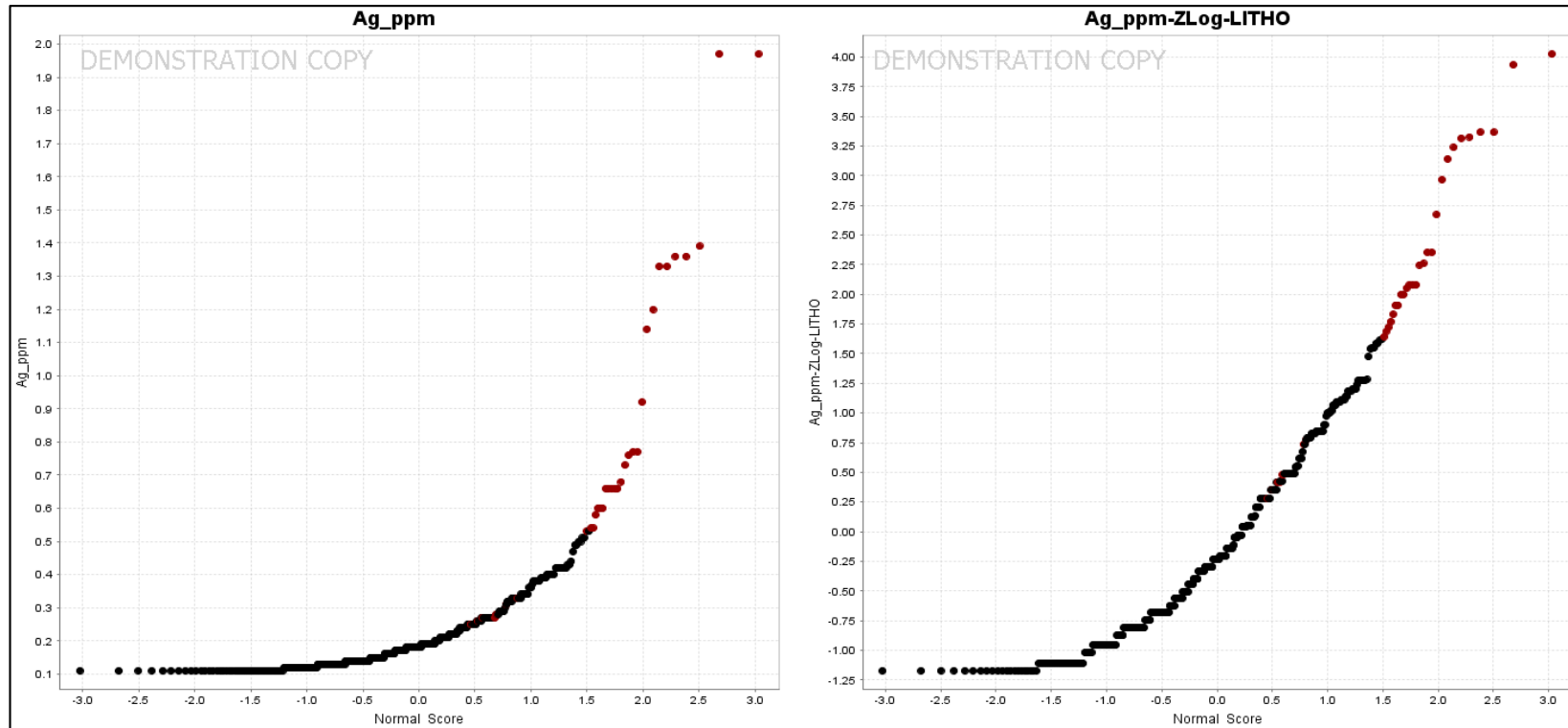


Figura 34. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Ag

### Zonas Anómalas de Plata y puntos de muestreo

En el gráfico de la izquierda hay nueve zonas de anomalías con sus respectivos puntos de muestreo; en este gráfico los datos aún no han sido nivelados presentando zonas anómalas que están de color plomo y que después de ser niveladas aumentan la concentración de plata, como se muestra en el mapa de la derecha, parte superior izquierda marcadas por puntos de muestreo de color rojo

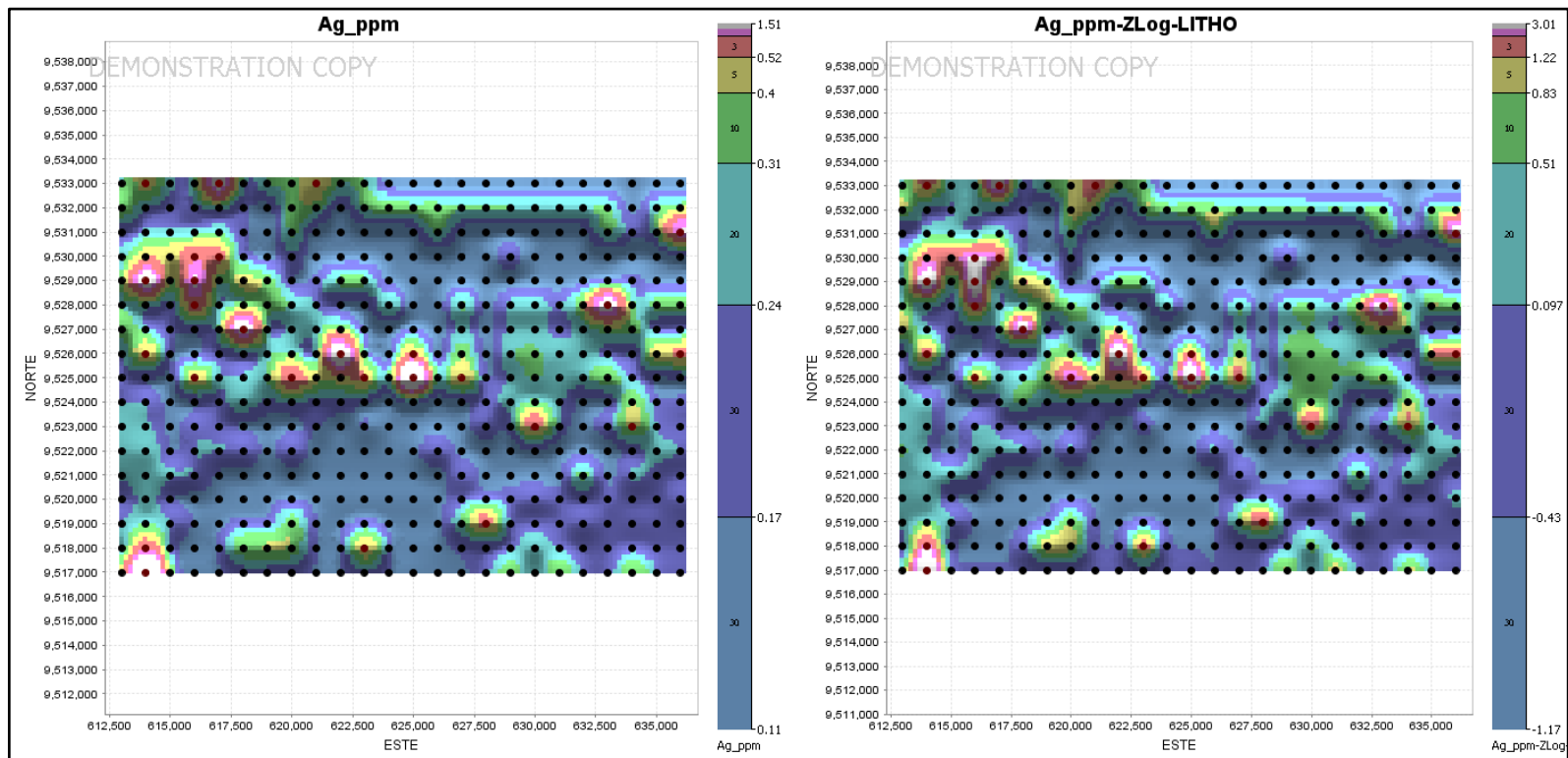


Figura 35. Zonas Anómalas de Plata



### Mapas de Anomalías de Plata Asociadas con la Litología.

Se observa en los mapas que cuatro de las zonas de anomalías de plata se encuentran en las rocas intrusivas del Batolito de Tangula (G) representadas por puntos de color rojos y los cinco restantes se encuentra en las rocas dacíticas de la Formación Piñon (K) representadas por puntos de color verde.

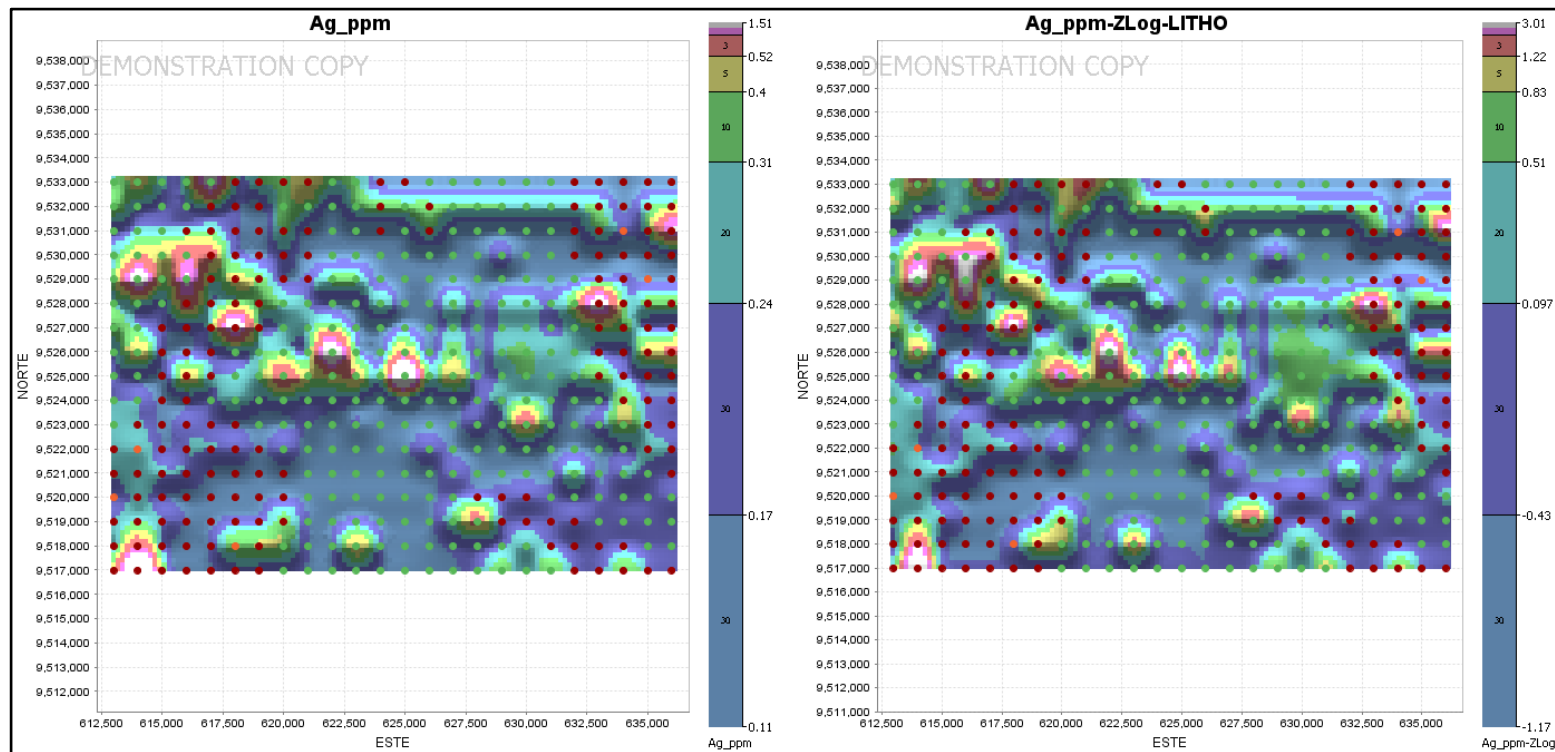


Figura 36. Mapas de Anomalías de Plata Asociadas con la Litología.

**Diagrama de probabilidades de Plata Asociadas con la Litología.**

En el gráfico de la derecha vemos que las anomalías de plata están asociadas tanto a los intrusivos del Batolito de Tangula (G) representadas por puntos de color rojo como también en las rocas dacíticas de la Formación Piñon (K) representas por puntos de color verde como se muestra en la parte superior izquierda del gráfico de la derecha.

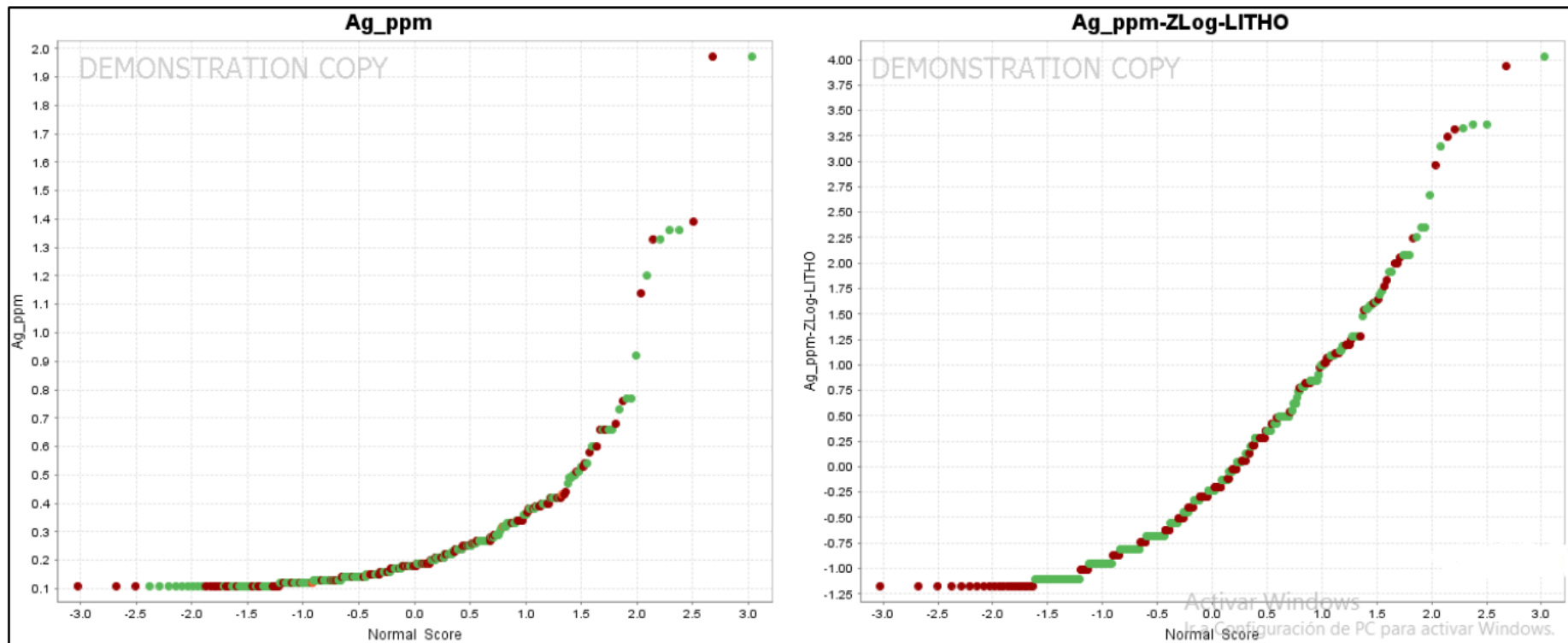


Figura 37. Diagrama de probabilidades de Plata Asociadas con la Litología

En el Variograma de la plata El distanciamiento o Alcance óptimo del muestreo para determinar una influencia de correlación adecuada es de hasta 10000 metros, fuera de este, la correlación de muestras de plata no presentaría una buena relación entre ellas

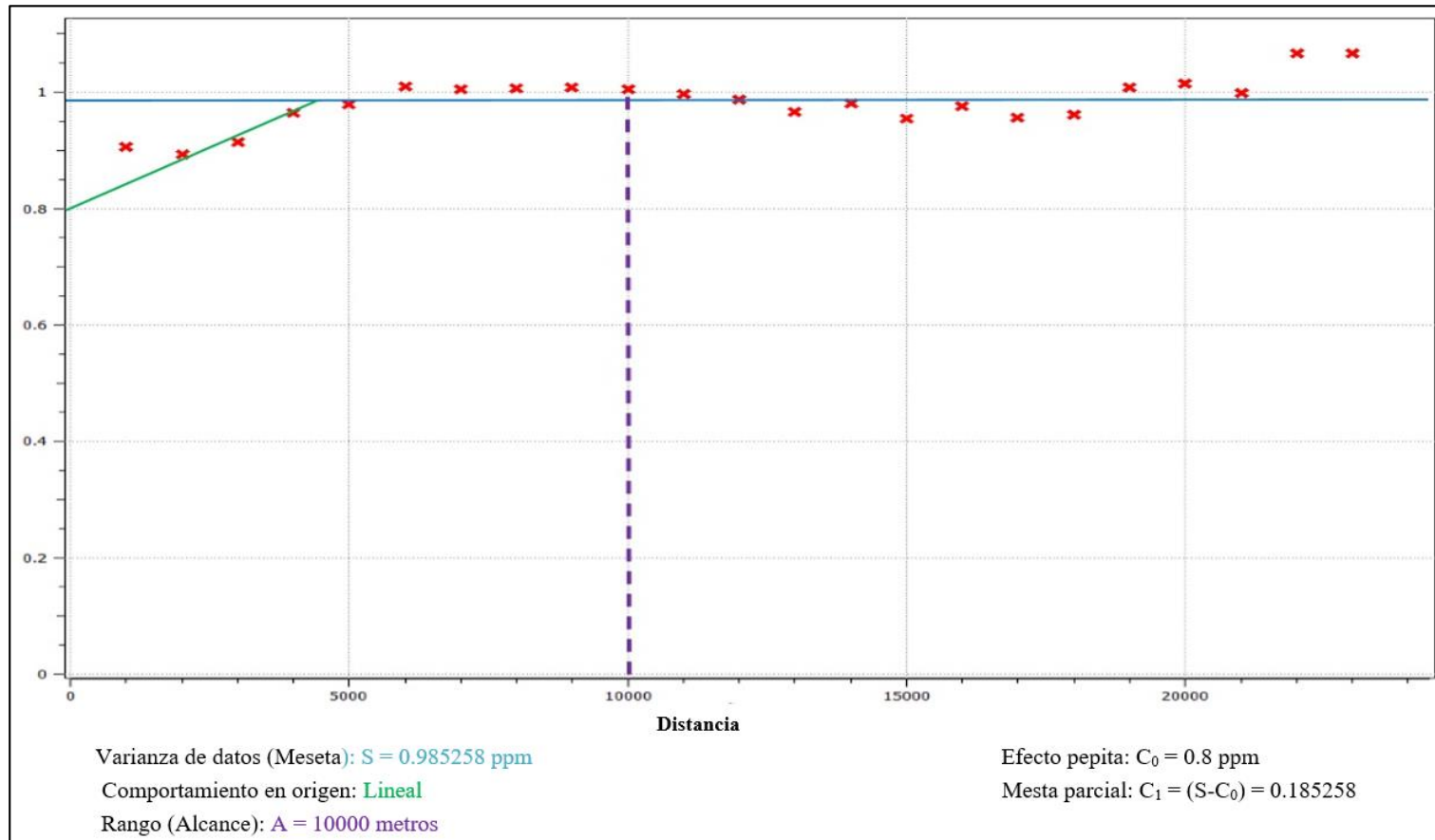


Figura 38. Variograma de la Plata

### 3.7. Análisis univariable para Sb Normalizado

Figura 46. Diagrama de caja y bigotes de Antimonio. En el grafico de la izquierda vemos un turkey box con una distrtubion no normalizada com la caja del IQR no asimétrico y anomalias no normalizadas, en el grafico de la derecha observamos una distribucion casi normal ya que su mediana esta cercana a la media y se muestran el whisker maximo como whisker mínimo y los outliers

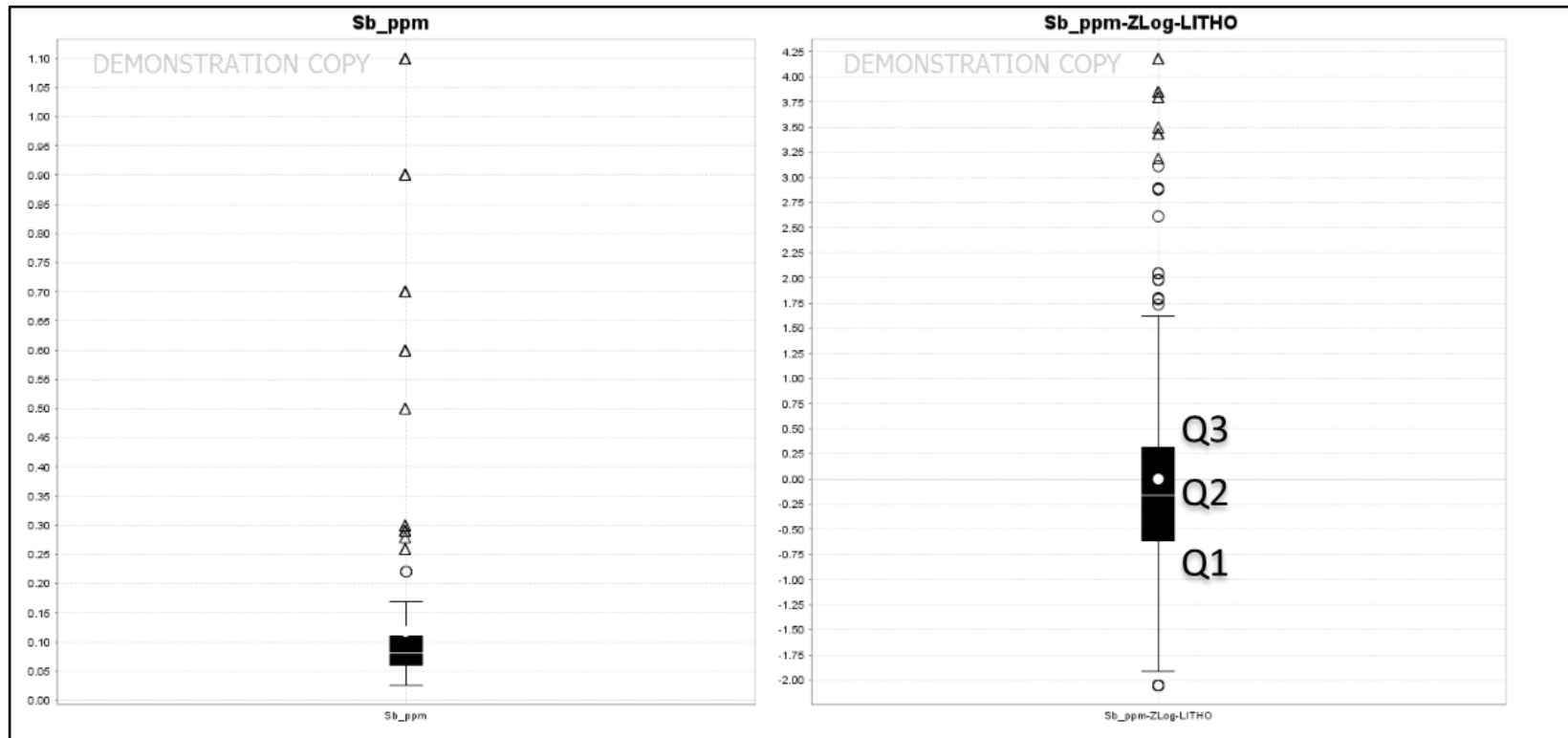


Figura 39. Diagrama de cajas y bigotes de Antimonio.

**Diagrama de probabilidades de Antimonio.**

En el gráfico de la izquierda se muestra los datos en crudo en ppm de antimonio y en el gráfico de la derecha se muestra los datos nivelados presentando tres poblaciones con zonas anómalas distantes entre sí tanto en la parte inferior como superior del gráfico

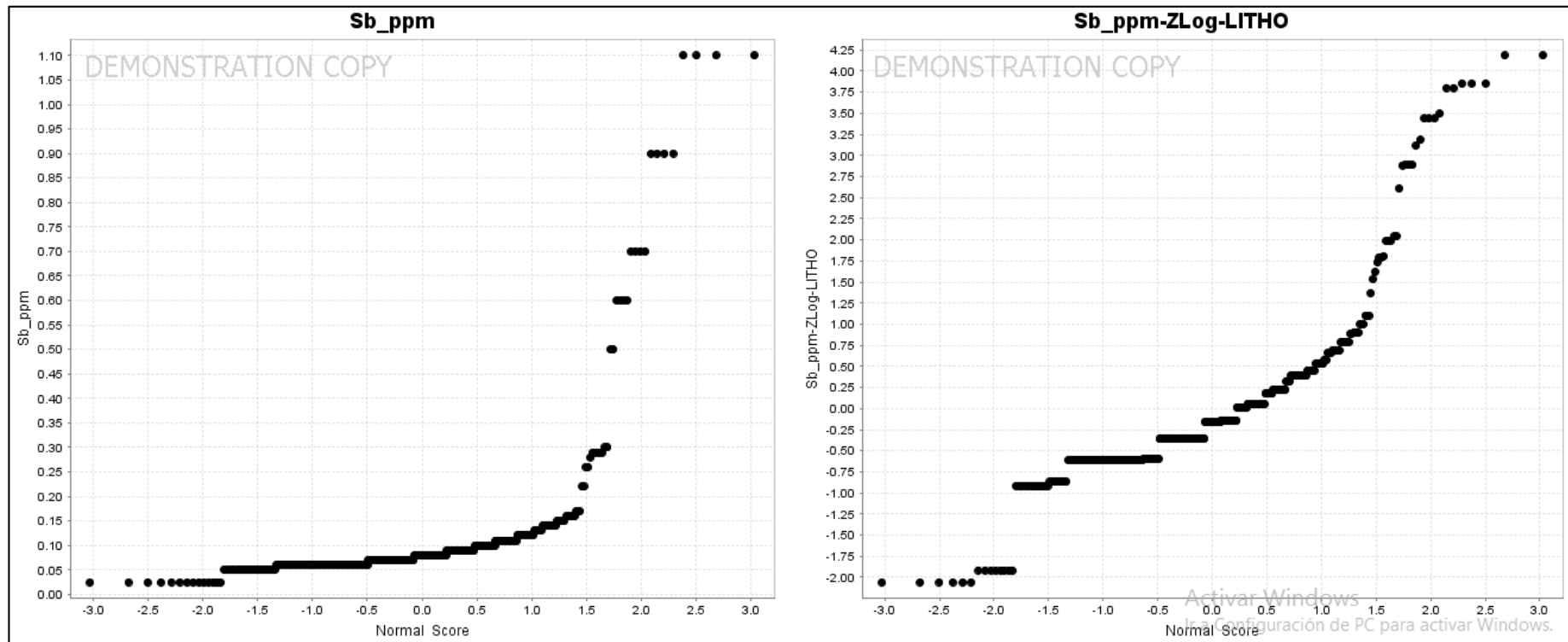


Figura 40. Diagrama de probabilidades de Antimonio

### Mapas de Anomalías de Antimonio.

En el gráfico de la izquierda vemos ocho zonas de anomalías de antimonio que se encuentran de color plomo y son el resultado del trabajo de los datos crudos; en el gráfico de la derecha observamos nueve zonas anómalas debido a que estos datos ya han sido normalizado o nivelados mostrando las verdaderas zonas anómalas principales.

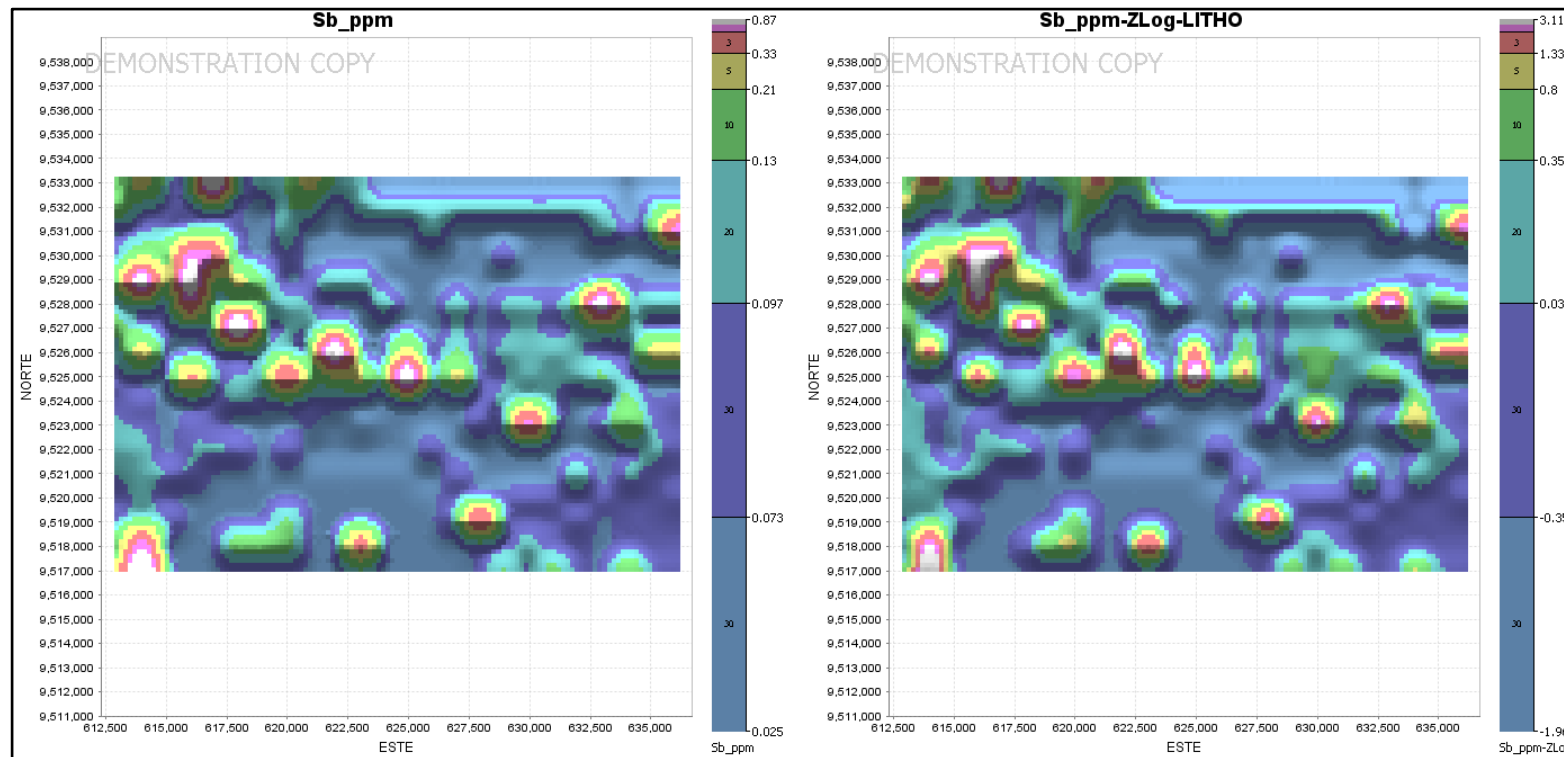


Figura 41. Mapas de Anomalías de Antimonio

### Zonas Anómalas de Antimonio

- a) El gráfico de la derecha están los puntos anómalos de antimonio, triángulo rojo, el gráfico de la izquierda muestra los puntos de antimonio no normalizados.

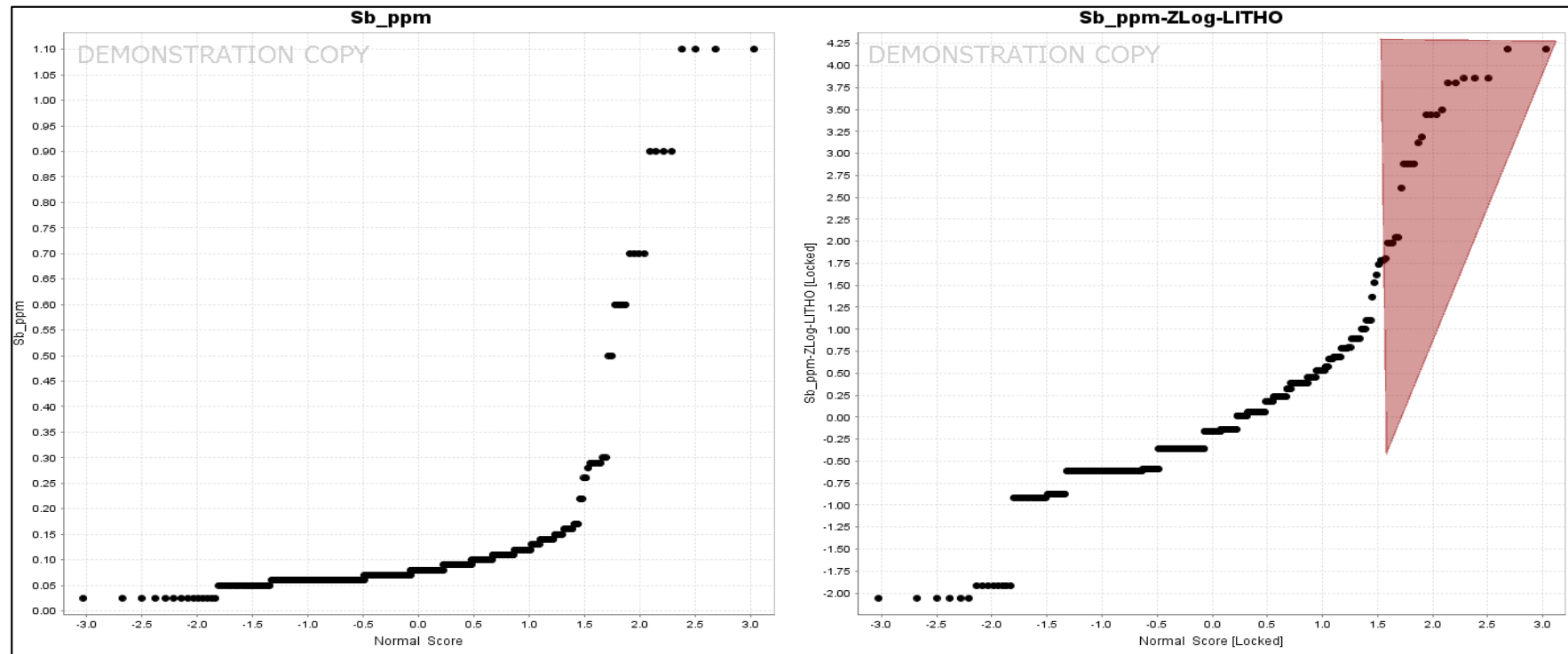


Figura 42. Identificación de puntos de anomalías de Sb

En el gráfico de la derecha muestra puntos constantes y distanciados entre si y en el gráfico de la izquierda vemos los puntos de anomalías de antimonio mezcladas y distanciadas entre si.

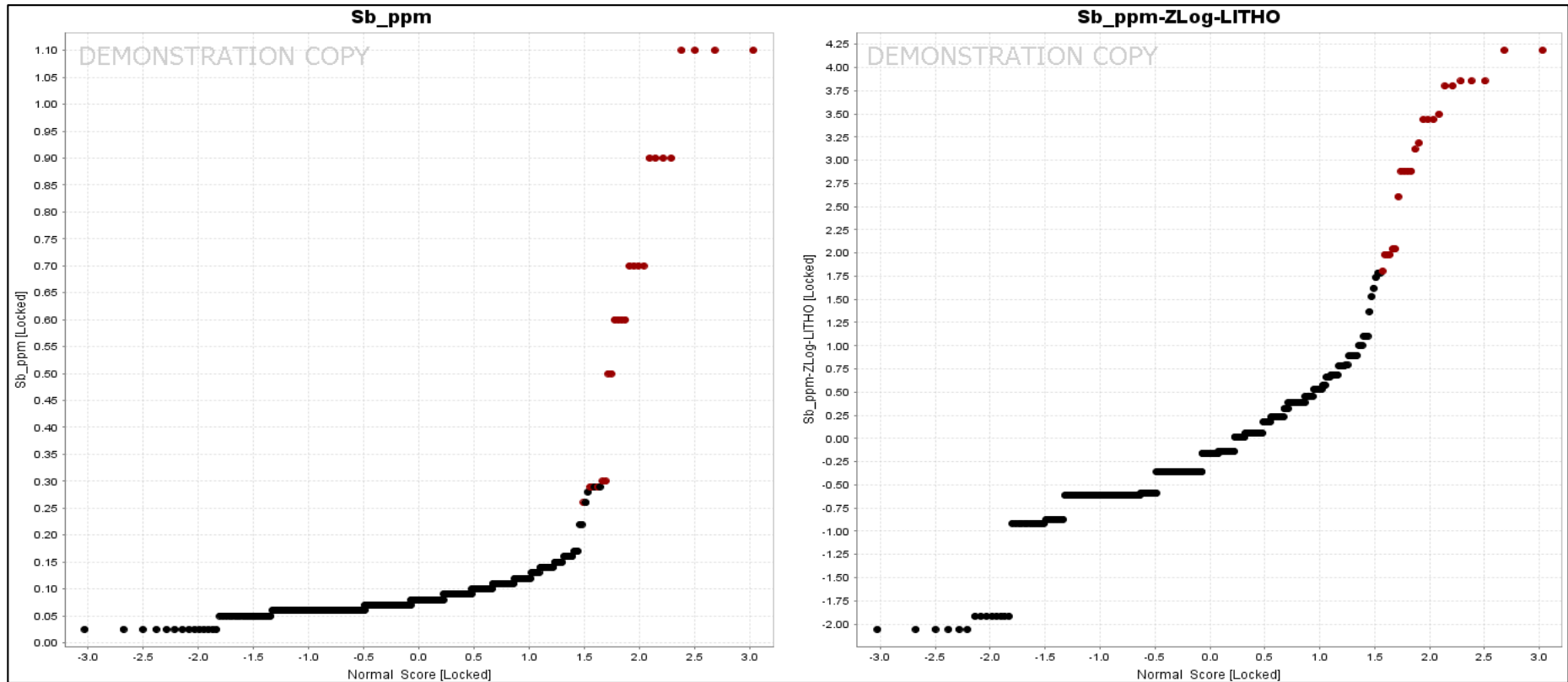


Figura 43. Puntos anómalo, constantes y equidistantes de Sb



### Zonas Anómalas de Antimonio.

En el gráfico de la izquierda observamos ocho zonas de anomalías de antimonio con sus respectivos puntos de muestreo en este gráfico los datos aún no han sido normalizados presentando posibles zonas anómalas que están de color plomo las cuales después de ser niveladas mostrarán las zonas de anomalías principales representadas por puntos rojos con las que se harán trabajos futuros

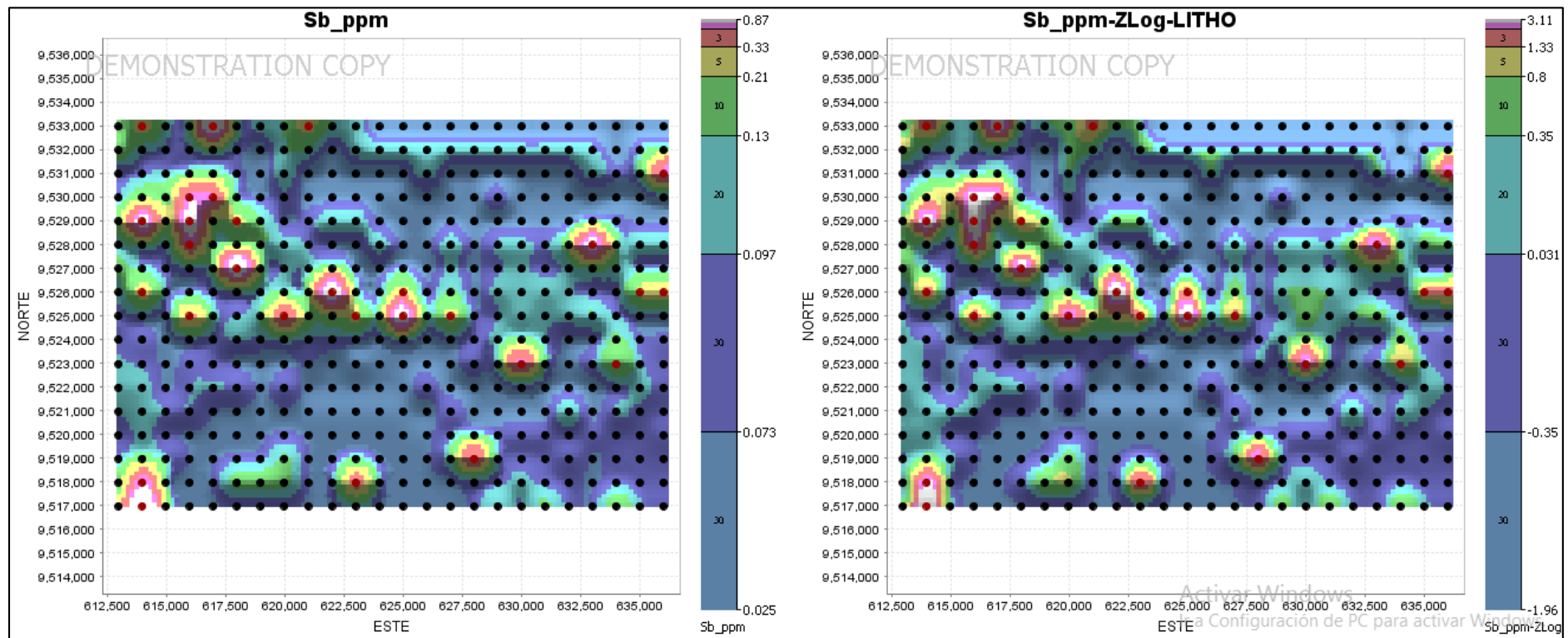


Figura 44. Zonas Anómalas de Antimonio.

### Mapas de Anomalías de Antimonio con puntos de litología.

Se observa en los mapas que la mayoría de las zonas anómalas principales se encuentran en las rocas dacíticas de la Formación Piñón (K) representadas por puntos de color verde y en menor cantidad por rocas intrusivas del Batolito de Tangula (G) representadas por puntos de color rojo.

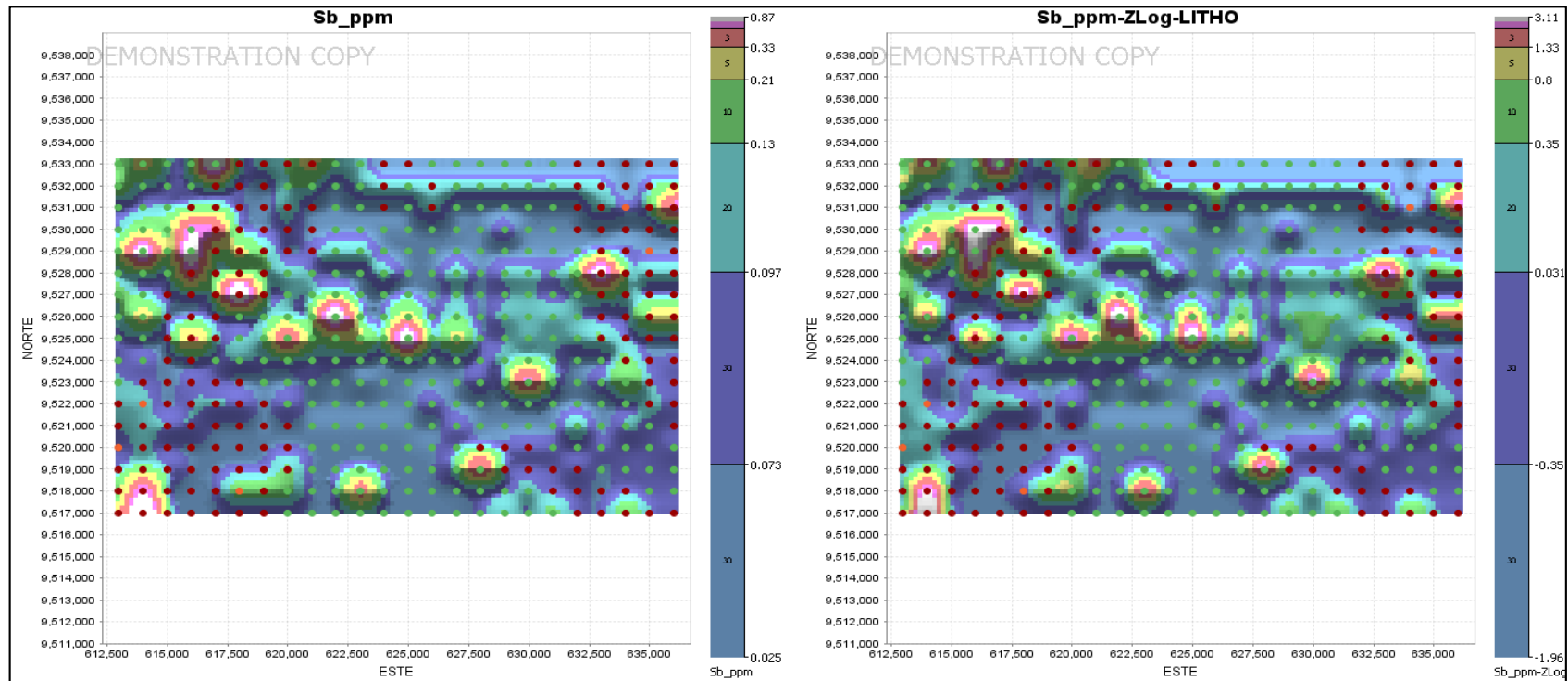


Figura 45. Mapas de Anomalías de Antimonio con puntos de litología

**Diagrama de probabilidades de Antimonio Asociadas con la Litología.**

En el gráfico de la derecha vemos que la mayor cantidad de zonas anómalas principales de antimonio están asociados a las rocas basálticas de la Formación Piñón (K) representadas por puntos de color verde y en menores zonas anómalas las rocas intrusivas del Batolito de Tangula (G) representadas por puntos de color rojo.

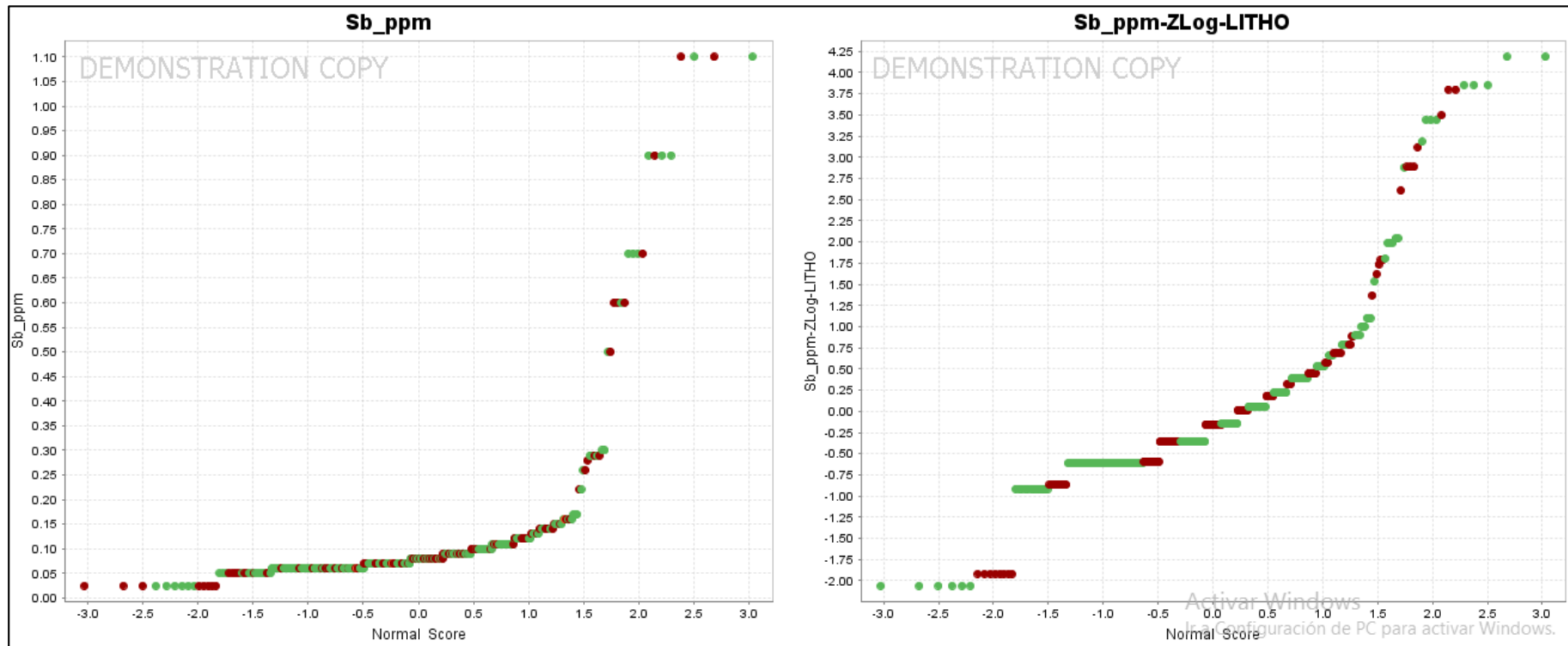


Figura 46. Diagrama de probabilidades de Antimonio Asociadas con la Litología.

En el Variograma de Antimonio El distanciamiento o Alcance óptimo del muestreo para determinar una influencia de correlación adecuada es de hasta 10000 metros, fuera de este, las correlaciones de muestras de plata no presentarían una buena relación entre ellas

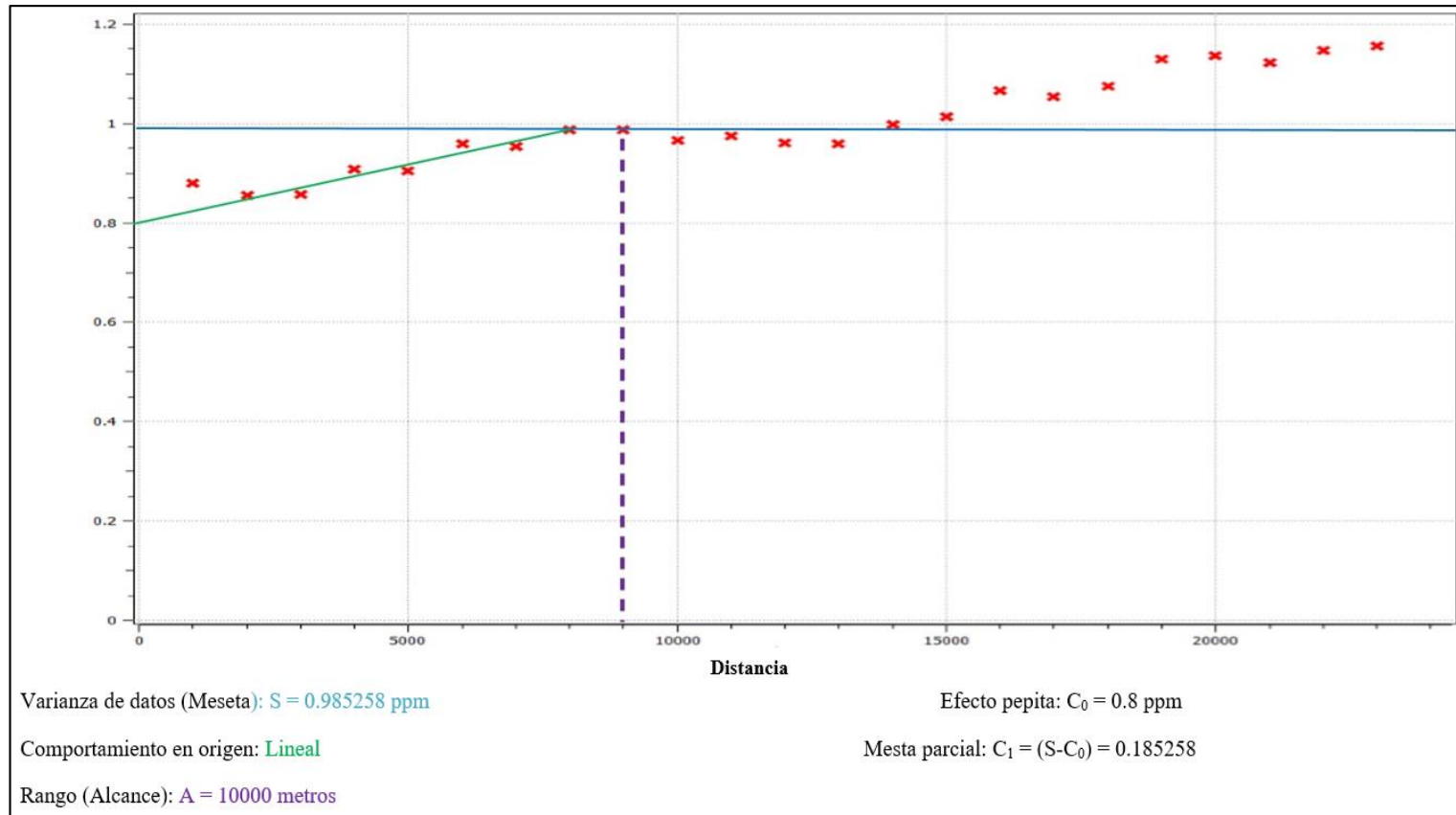


Figura 47. Diagrama de probabilidades de Antimonio Asociadas con la Litología.

### 3.5. Análisis univariable para Zinc Normalizado

En el Diagrama de caja y bigotes de Zinc. En el gráfico de la izquierda vemos un turkey box con una distribución no simétrica, con anomalias no normalizadas y con el límite superior y límite inferior no asimétricos, en el gráfico de la derecha observamos que los valores de los datos han sido nivelados, con un límite superior de 2.089 ppm y un límite inferior de -2.096 y sus outliers (anomalias) a partir de 2.66 ppm, se observa que el tramo Q1 hasta Q2 es el 25% de los valores de las muestras que van desde -0.597 hasta 0.27 ppm de zinc y el tramo Q2 hasta Q3 es el 25% de las muestras restantes que van desde 0.27 ppm a 0.70 ppm de zinc.

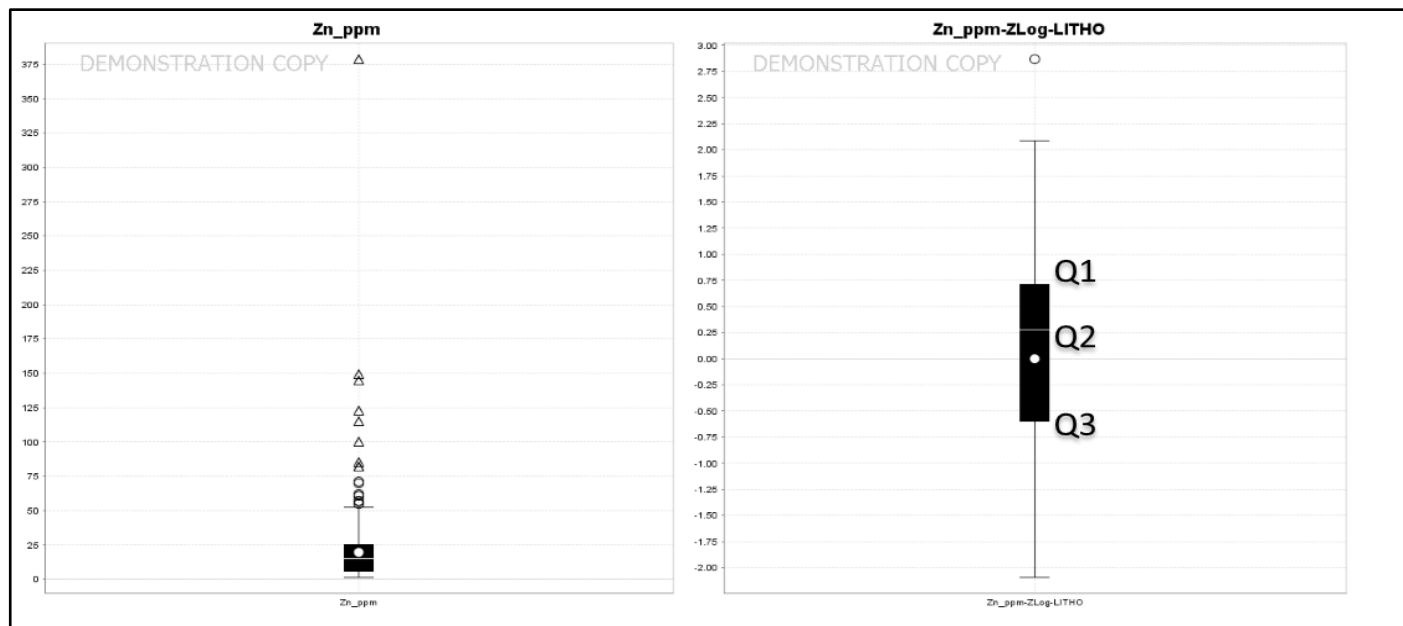


Figura 48. Diagrama de cajas y bigotes de Zinc

### Diagrama de probabilidades de Zinc.

En el gráfico de la izquierda se muestra los datos no nivelados en ppm de Zinc con el cual no se puede hacer cálculos debido a que estos datos no están nivelados y presentan errores, en el gráfico de la derecha se muestra los datos nivelados presentando una curva normalizada de zinc y una con zona anómala a partir del 1.5 desviación estándar de zinc en ppm ubicada en la parte superior derecha del gráfico

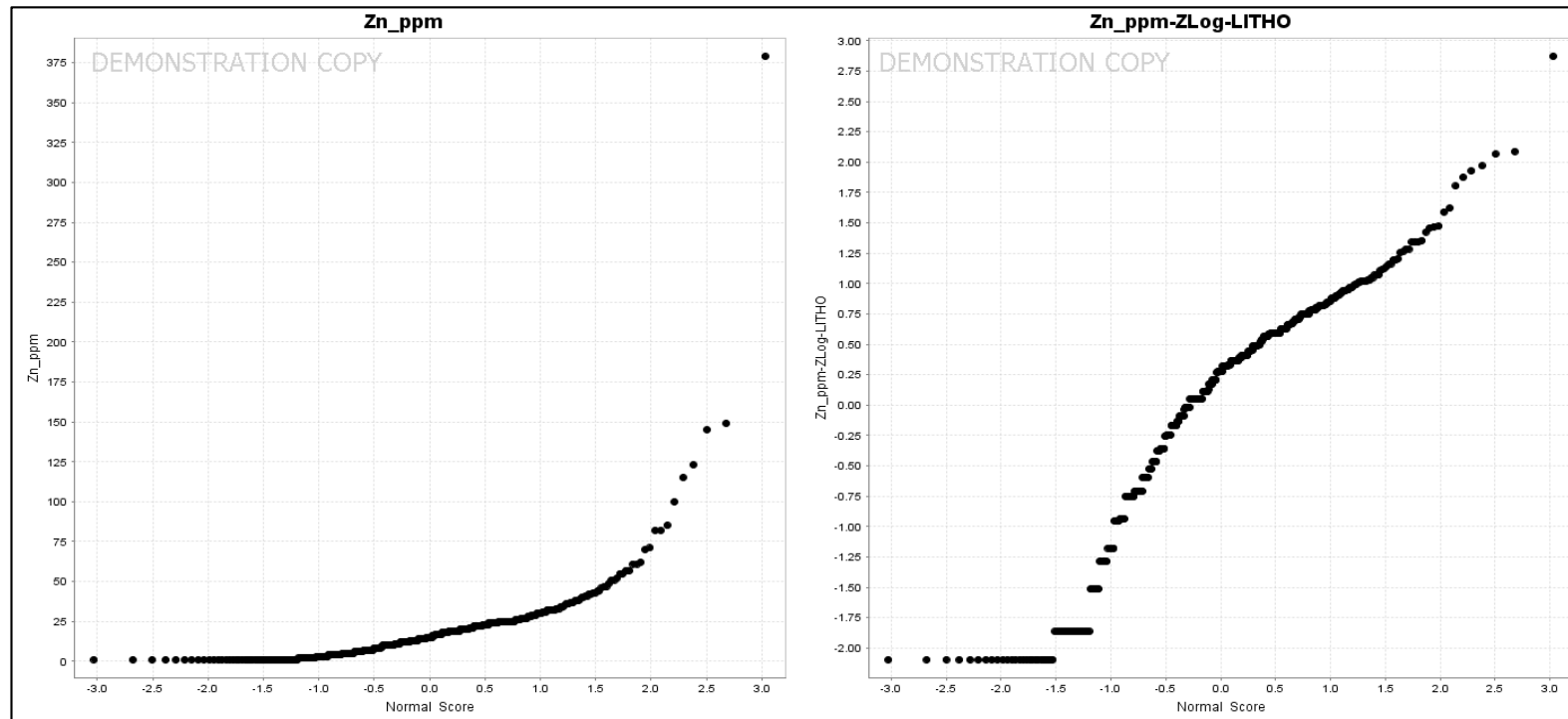


Figura 49. Diagrama de probabilidades de Zinc

### Mapas de concentración de Zinc.

En el gráfico de la izquierda vemos dos zonas de anomalías de zinc que se encuentran de color plomo que son el resultado de los datos crudos y en el gráfico de la derecha observamos cuatro zonas anómalas debido a que estos datos ya han sido normalizado y modifican las zonas anómalas de zinc.

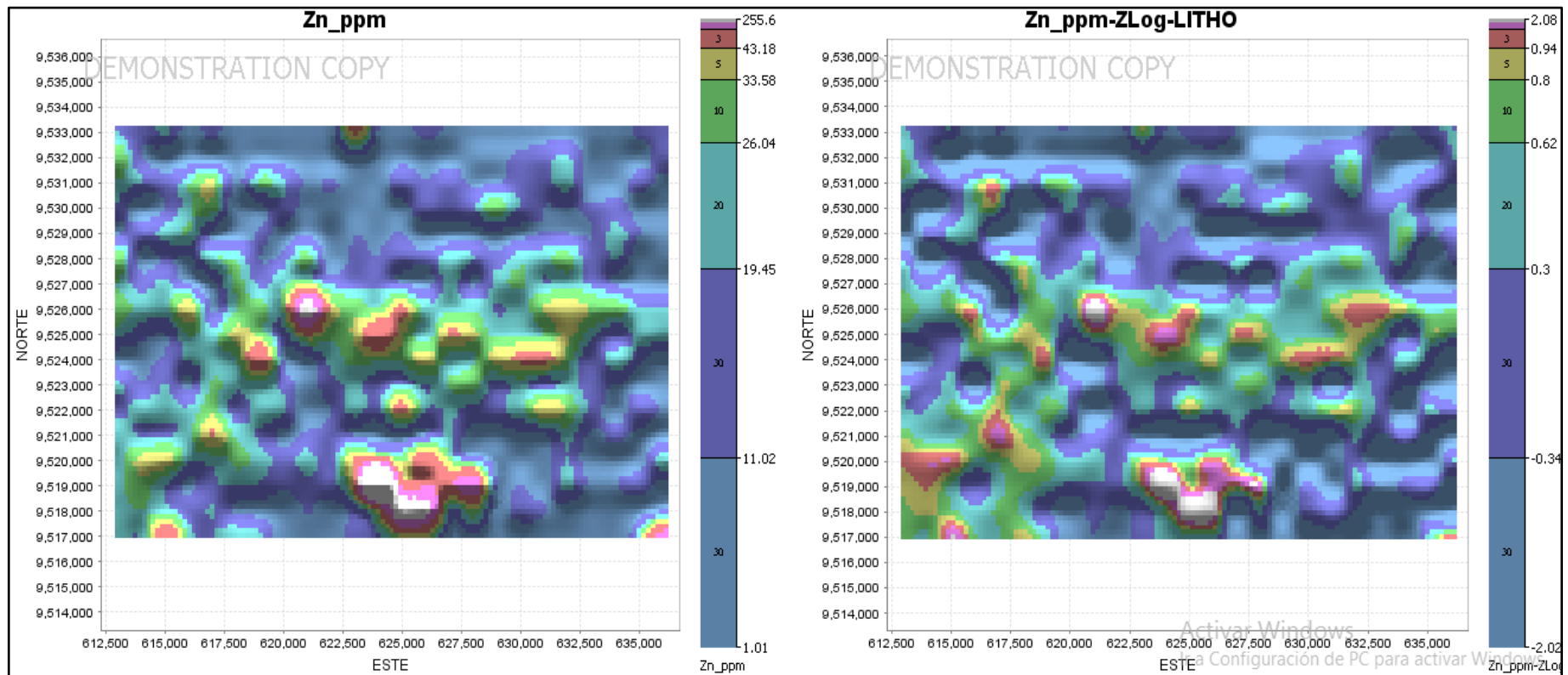


Figura 50. Mapas de concentración de Zinc

### Zonas Anómalas de Zinc

a) En el gráfico de la derecha el triángulo en rojo muestra los puntos anómalos de zinc

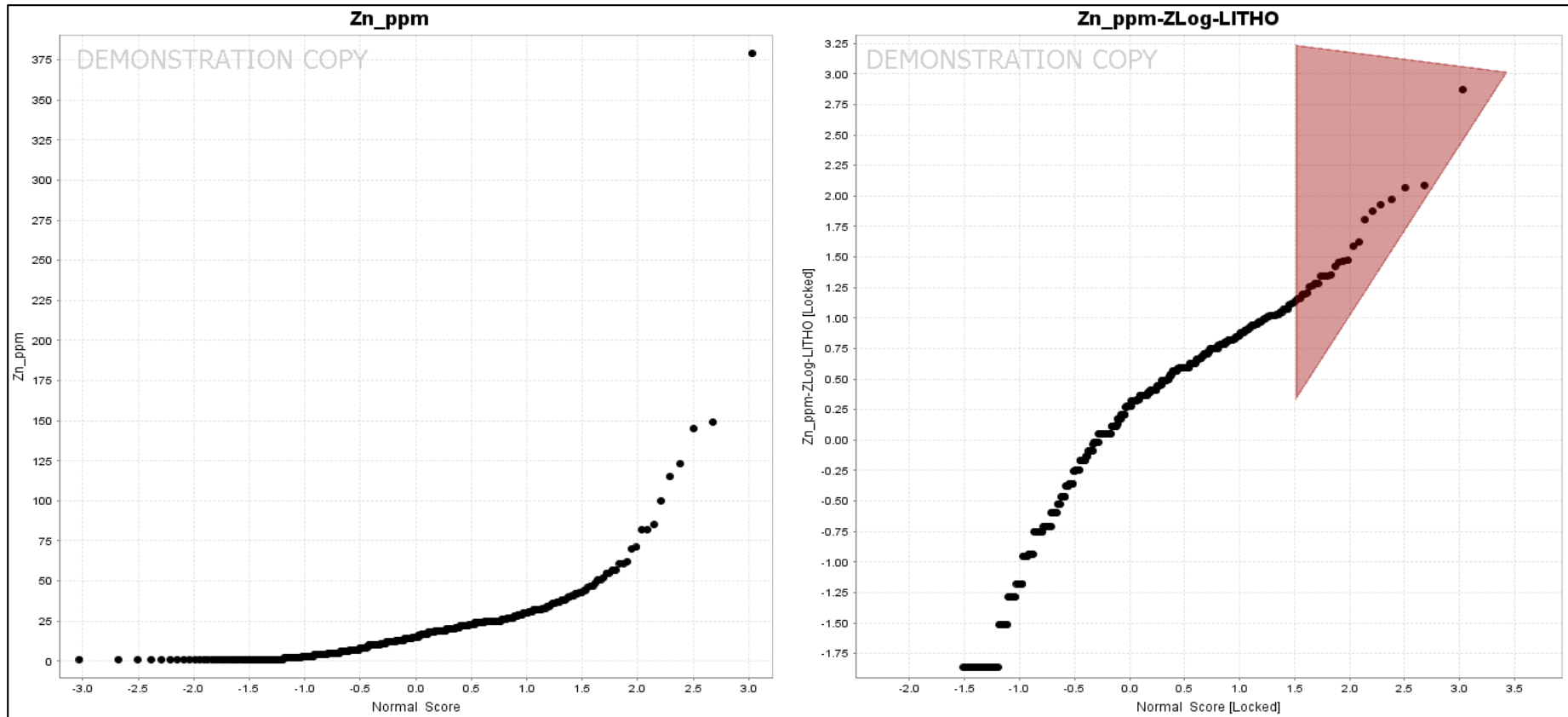


Figura 51. Identificación de puntos de anomalías de Zn



b) Observamos que luego de la obtener los puntos de anomalías de zinc el gráfico de la derecha muestra puntos rojos distanciados entre si mientras el gráfico de la izquierda vemos solo una anomalía de zinc

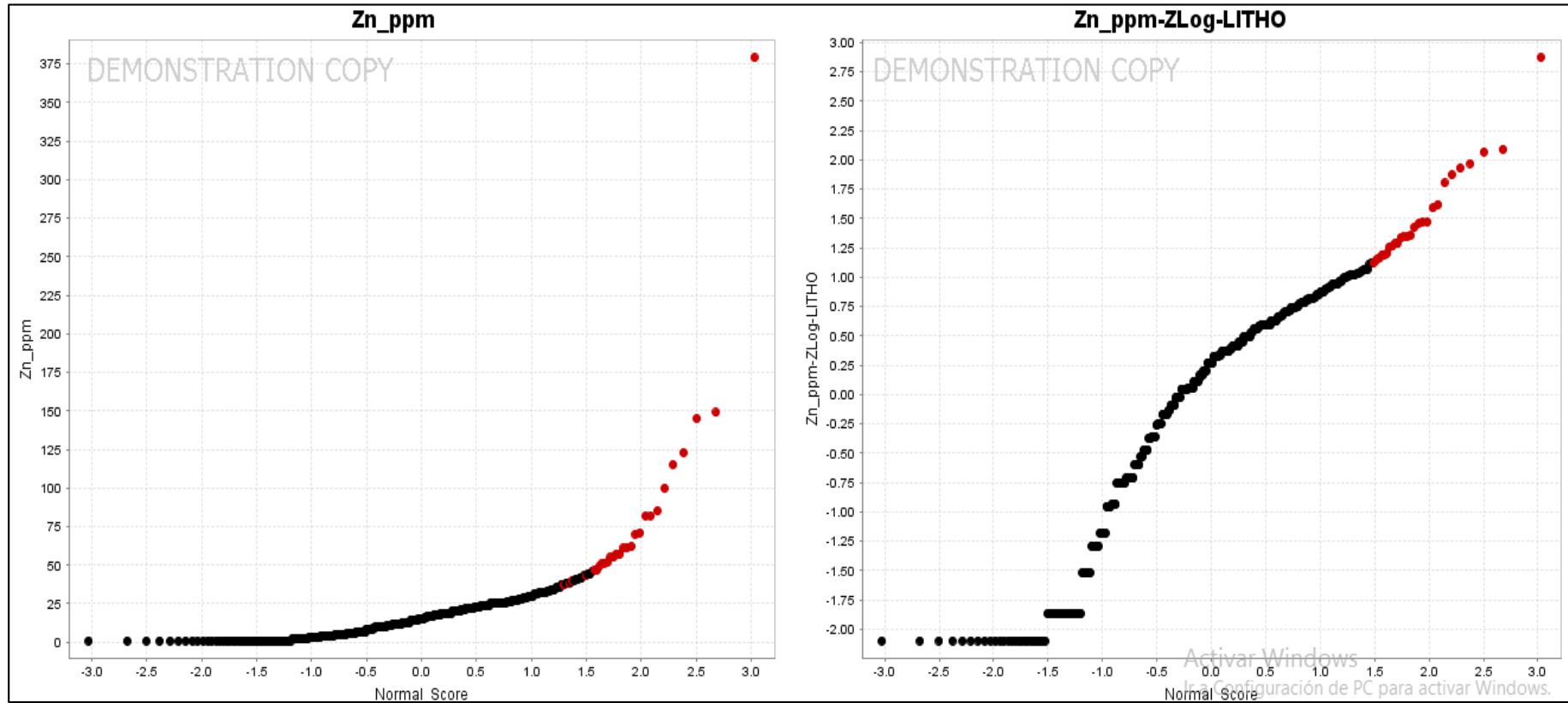


Figura 52. Puntos anómalos, constantes y equidistantes de Zn

### Zonas Anómalas de Zinc.

En el gráfico de la izquierda hay dos zonas anómalas de zinc que están de color plomo con sus respectivos puntos de muestreo, en este gráfico los datos aún no han sido nivelados, en el gráfico de la derecha hay cuatro zonas anómalas principales de color plomo con sus respectivos puntos de muestreo los cuales están de color rojo.

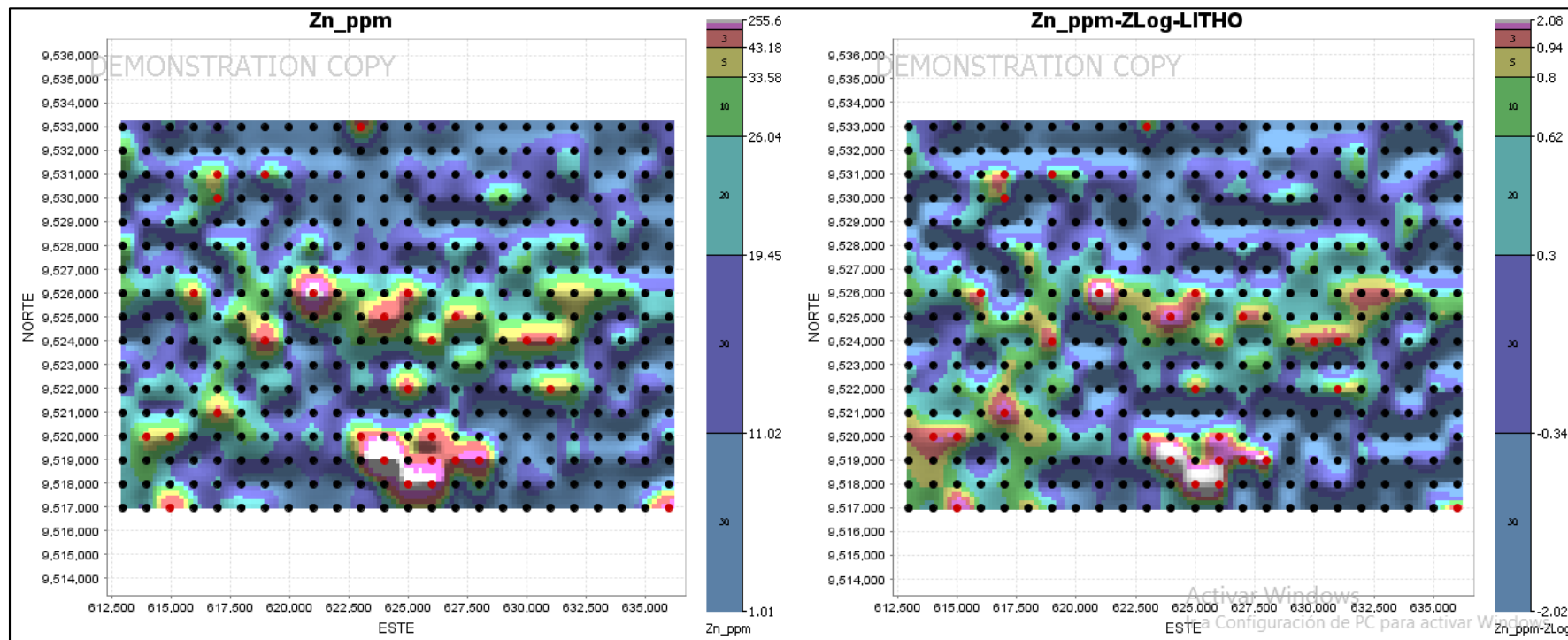


Figura 53. Zonas anómalas de Zinc

### Mapas de Anomalías de zinc relacionadas a la Litología.

Las anomalías principales de zinc (color plomo) están en las rocas dacíticas de la Formación Piñon (K) (puntos de color verde), las anomalías secundarias están en los intrusivos del Batolito de Tangula (puntos de color rojo).

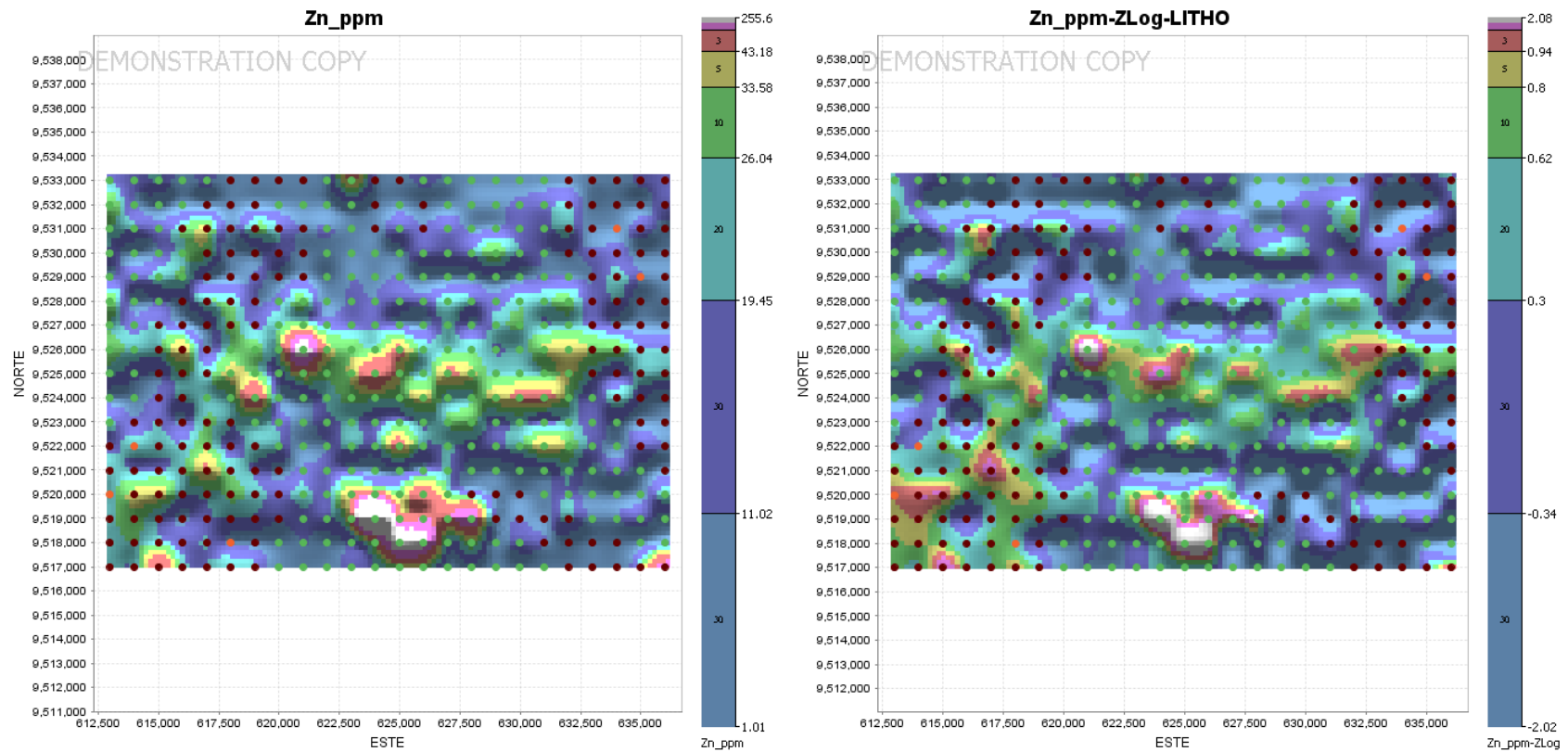


Figura 54. Mapas de Anomalías de zinc relacionadas a la Litología.

**Diagrama de probabilidades de Zinc asociadas con la litología.**

En el gráfico de la derecha vemos que las anomalías principales de zinc están asociados a las rocas dacíticas de la Formación (puntos de color verde).

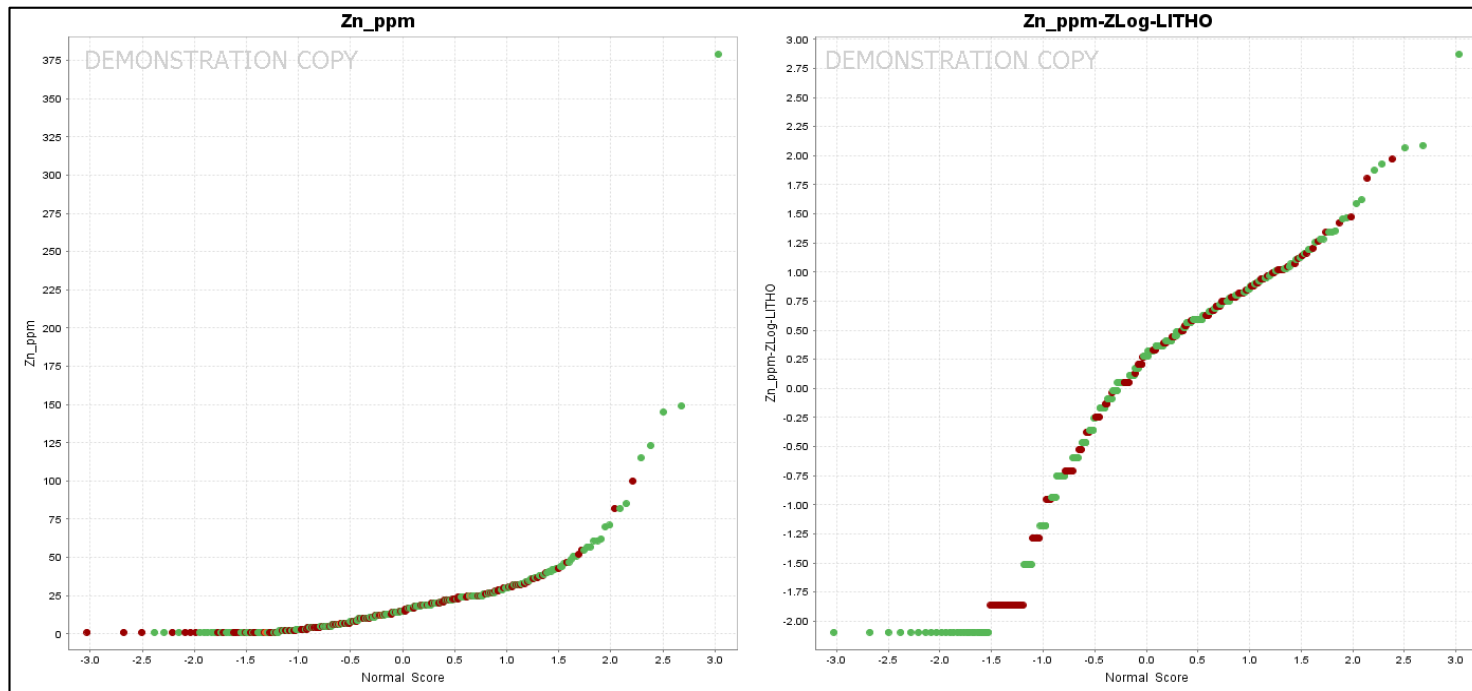


Figura 55. Diagrama de probabilidades de Zinc asociadas con la litología

En el Variograma de Zinc distanciamiento o Alcance óptimo del muestreo para determinar una influencia de correlación adecuada es de hasta 9000 metros, fuera de este, la correlación de muestras de plata no presentarían una buena relación entre ellas.

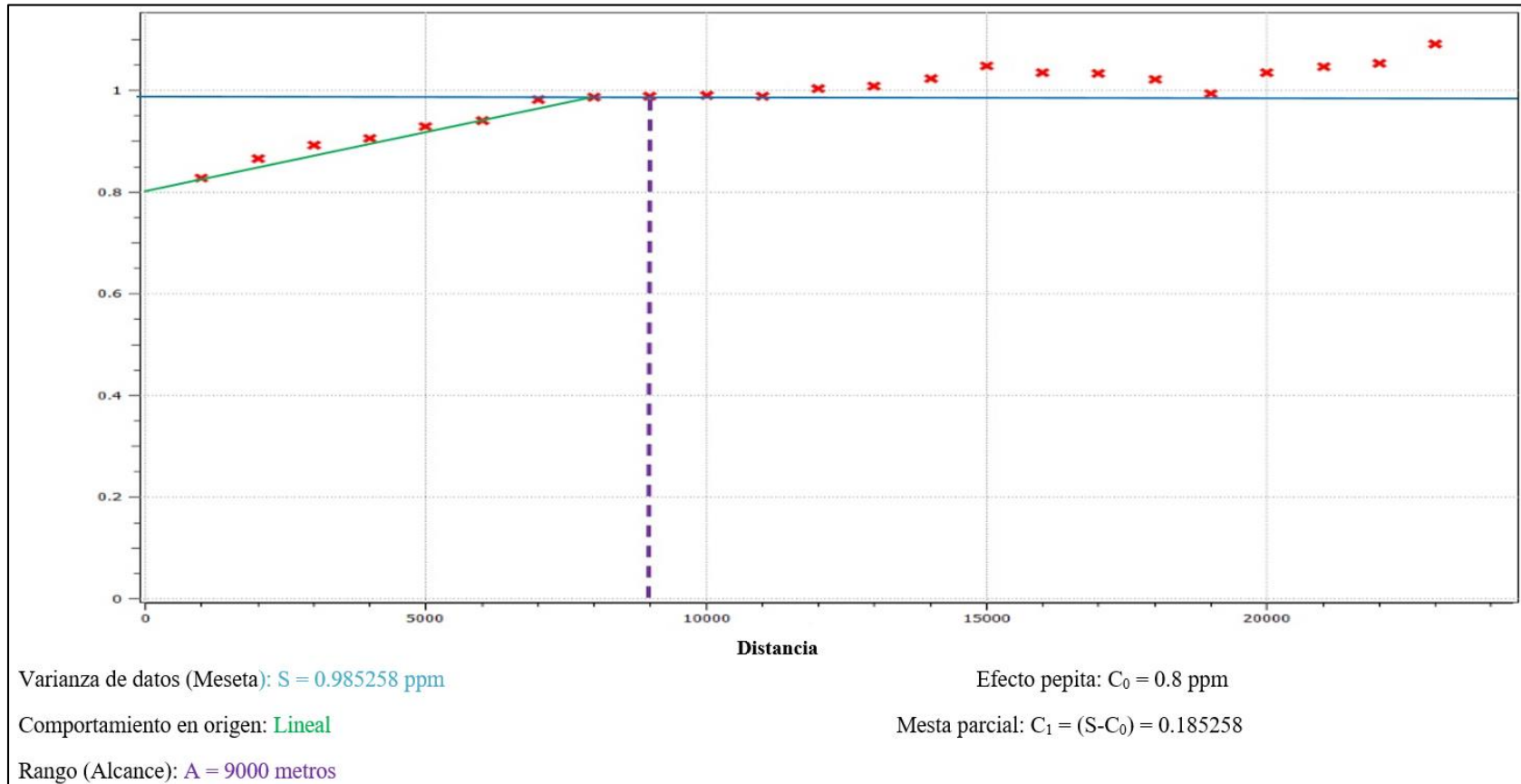


Figura 56. Variograma del Zinc

### 3.8. Análisis univariable para Plomo Normalizado.

Figura 25. Diagrama de caja y bigotes En el grafico de la izquierda vemos un diagrama de caja y bigotes con una disrtibucion casi normalizada y anomalías apartir de 31.11 ppm de Pb aunque estos valores aún no han sido nivelados como en el gráfico de la derecha nivelado en base a logartimo 10,el tramo Q1 hasta Q2 representan el 25% de las muestras que van desde -0.48 hasta 0.15 ppm de plomo y el tramo desde Q2 hasta Q3 muestra el 25% de los valores de las muestras restantes por encima de 0.15 ppm de Pb hasta 0.69 como se muestra en el gráfico indicando que estos datos se encuentran mayor concentrados y el límite superior alcanza el 2.19 ppm de plomo de 403 muestras

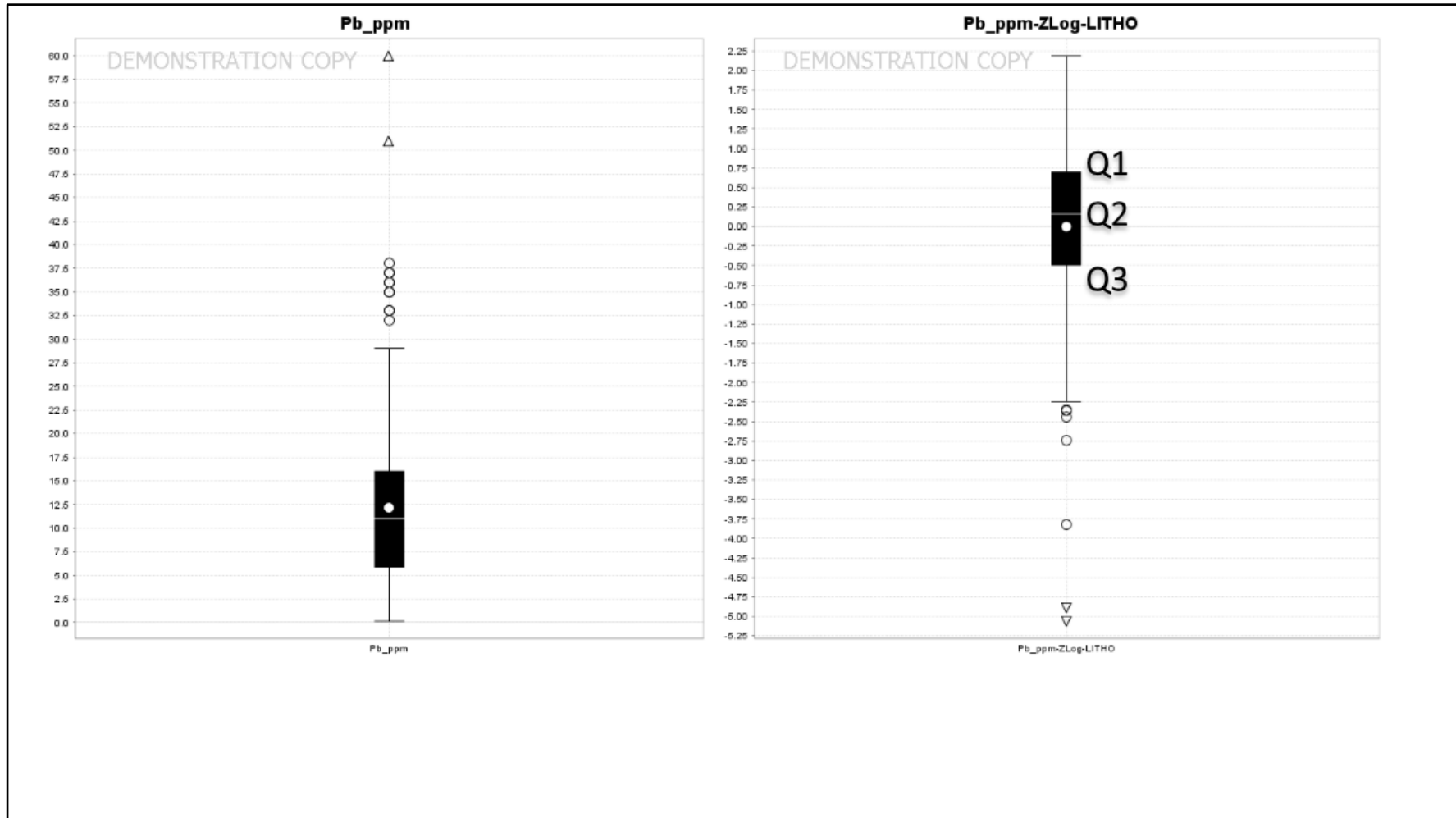


Figura 57. Diagrama de caja y bigotes de Plomo

### Diagrama de probabilidades de Plomo.

En el gráfico de la izquierda se muestra los datos crudos en ppm de plomo y en el gráfico de la derecha se muestra los datos nivelados o normalizados de plomo en ppm donde la curva ha sufrido un cambio notable y presenta puntos anómalos distantes entre sí en la parte superior derecha

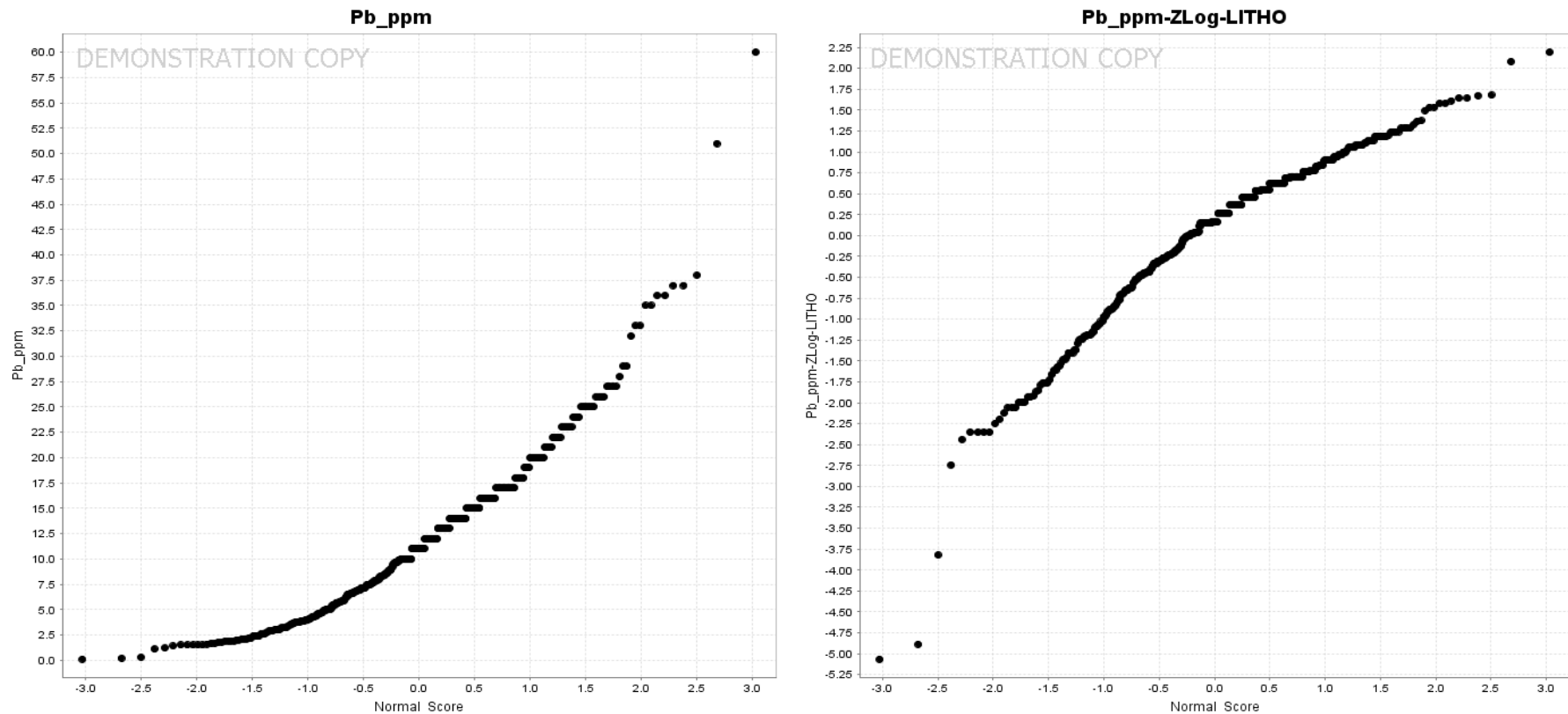


Figura 58. Diagrama de probabilidades de Plomo



### Mapas de Anomalías de Plomo.

En el gráfico de la izquierda vemos cinco zonas de anomalías de plomo que se encuentran de color plomo que son el resultado de los datos crudos y en el gráfico de la derecha observamos seis zonas anómalas debido a que estos datos ya han sido normalizado transformando en algunos casos anomalías secundarias en principales

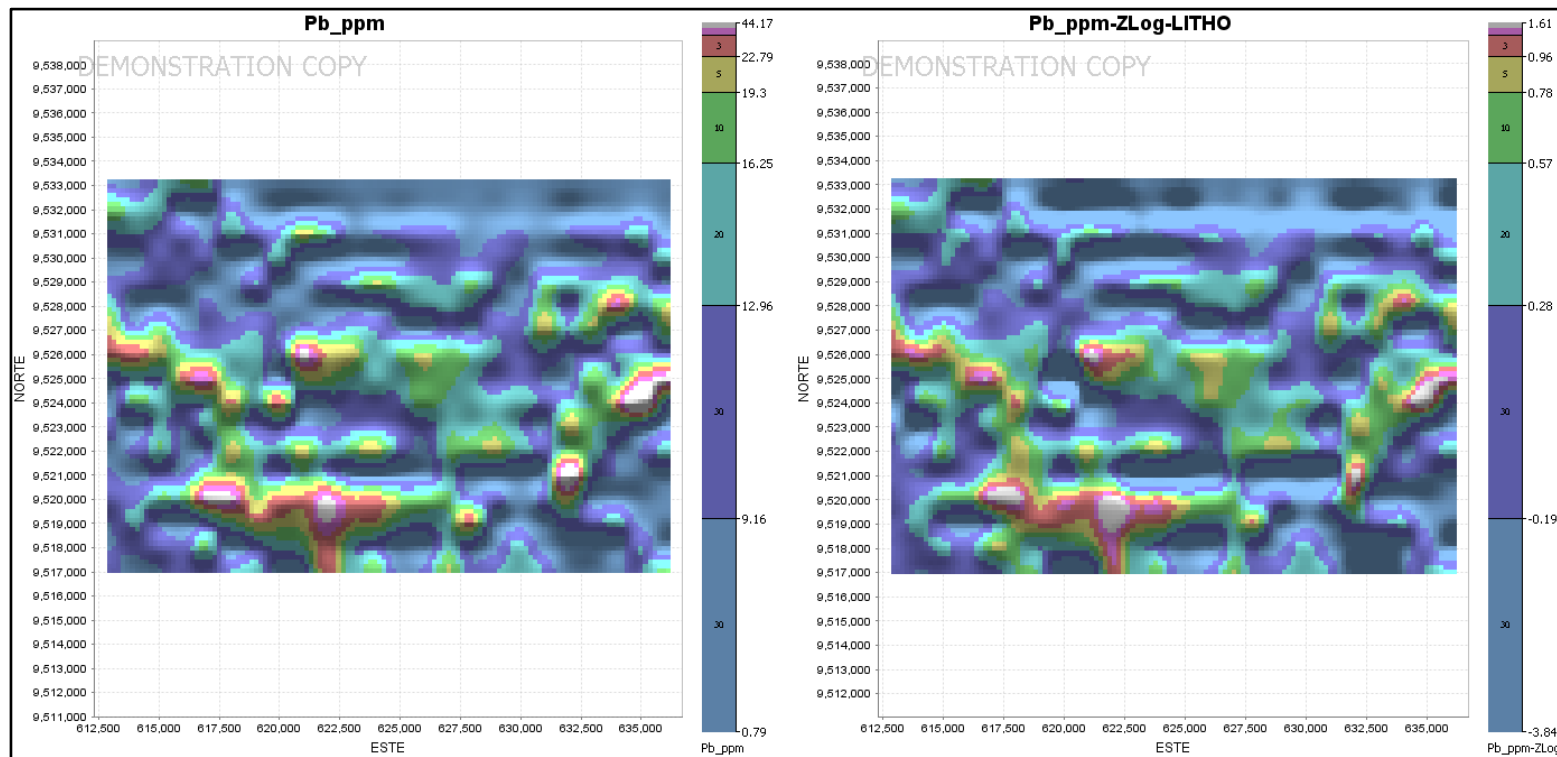


Figura 59. Mapas de Anomalías de Plomo

**Zonas Anómalas de Plomo**

- a) El gráfico de la derecha se muestra un triángulo rojo donde se encuentran puntos anómalos de plomo mientras en el gráfico de la izquierda los puntos permanecen intactos.

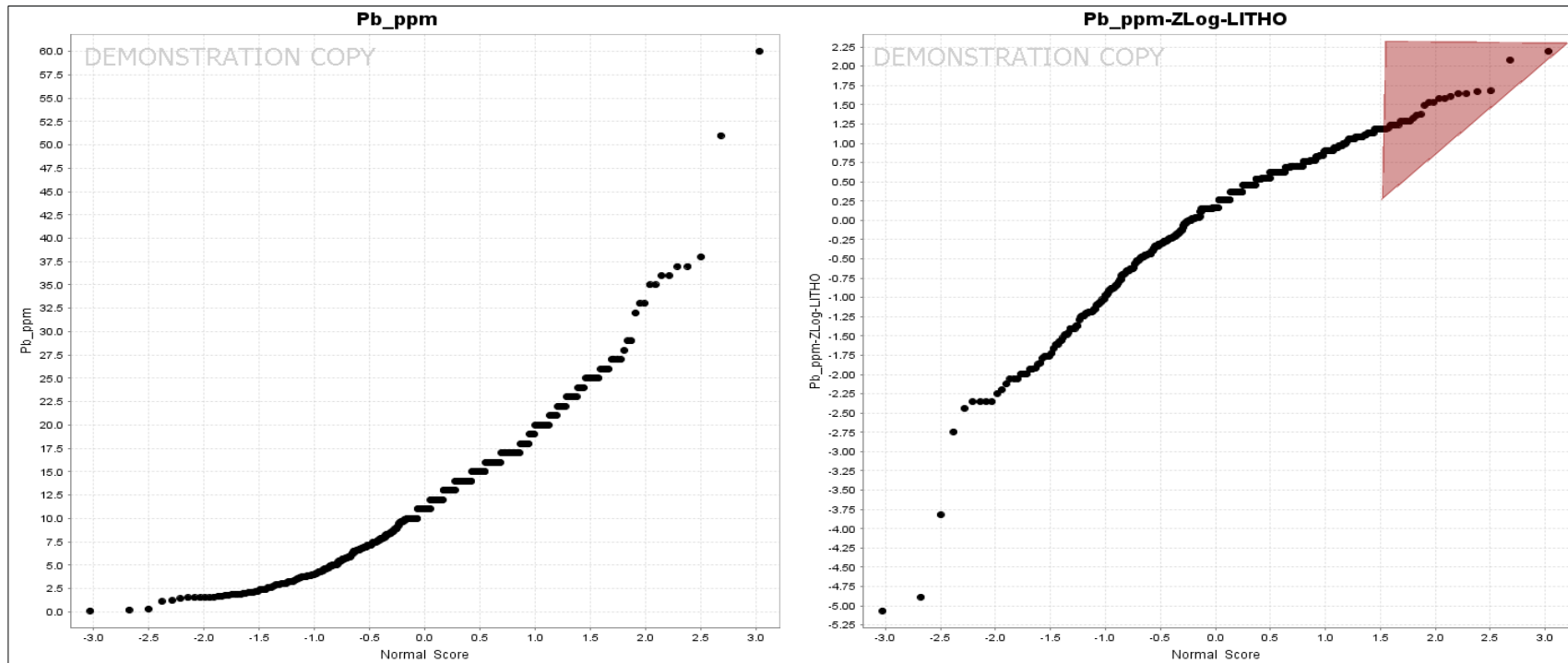


Figura 60. Identificación de puntos de anomalías de Pb

b) Observamos que luego de obtener los puntos de anomalías, se muestran de color rojo y son puntos constantes y cercanos entre sí; caso contrario del gráfico de la izquierda donde vemos que las anomalías de plomo no están normalizadas y se encuentran distancias entre sí

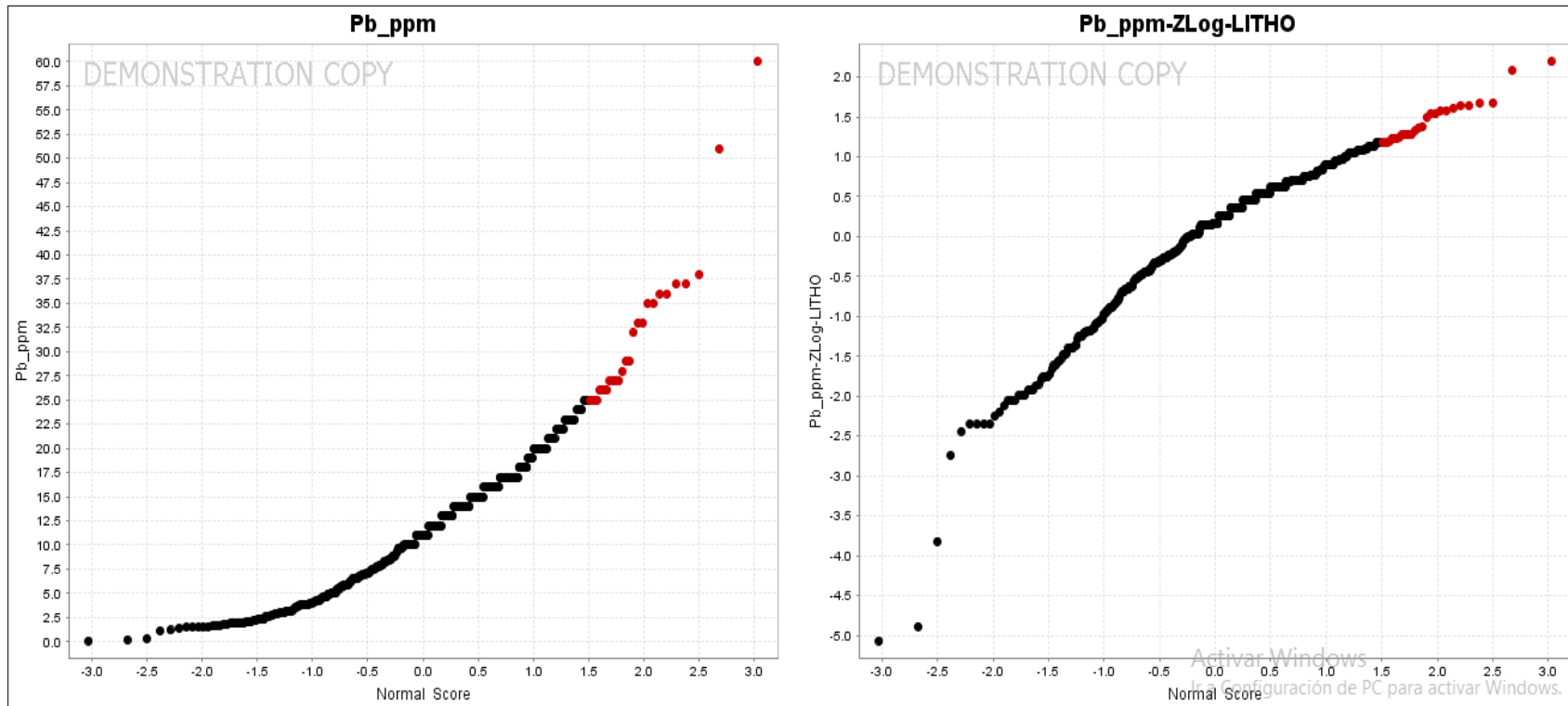


Figura 61. Puntos anómalo, constantes y equidistantes de Pb

**Zonas Anómalas de Plomo.**

En el gráfico de la izquierda observamos cinco zonas de anomalías principales con sus respectivos puntos de muestreo en este gráfico los datos aún no han sido normalizados y que al ser niveladas serán modificadas en seis zonas anómalas principales de color plomo con puntos de color rojo que marcan las anomalías de plomo

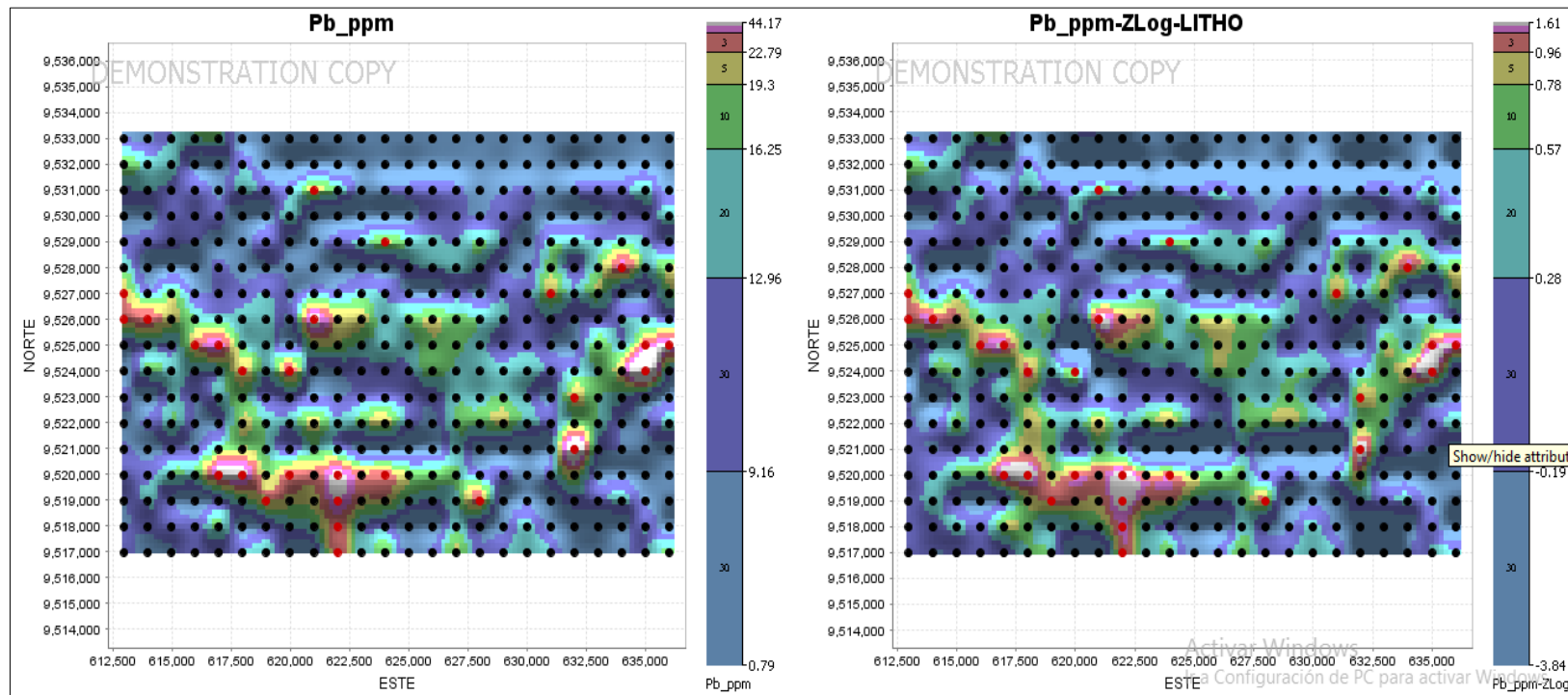


Figura 62. Zonas Anómalas de Plomo.

**Mapas de Anomalías de Plomo Asociados a la Litología.**

Se observa en los mapas que las concentraciones de plomo se encuentran tanto en las rocas intrusivas del Batolito de Tangula (G) representadas por puntos de color rojos y en las rocas dacíticas de la Formación Piñon (K) representadas por puntos de color verde.

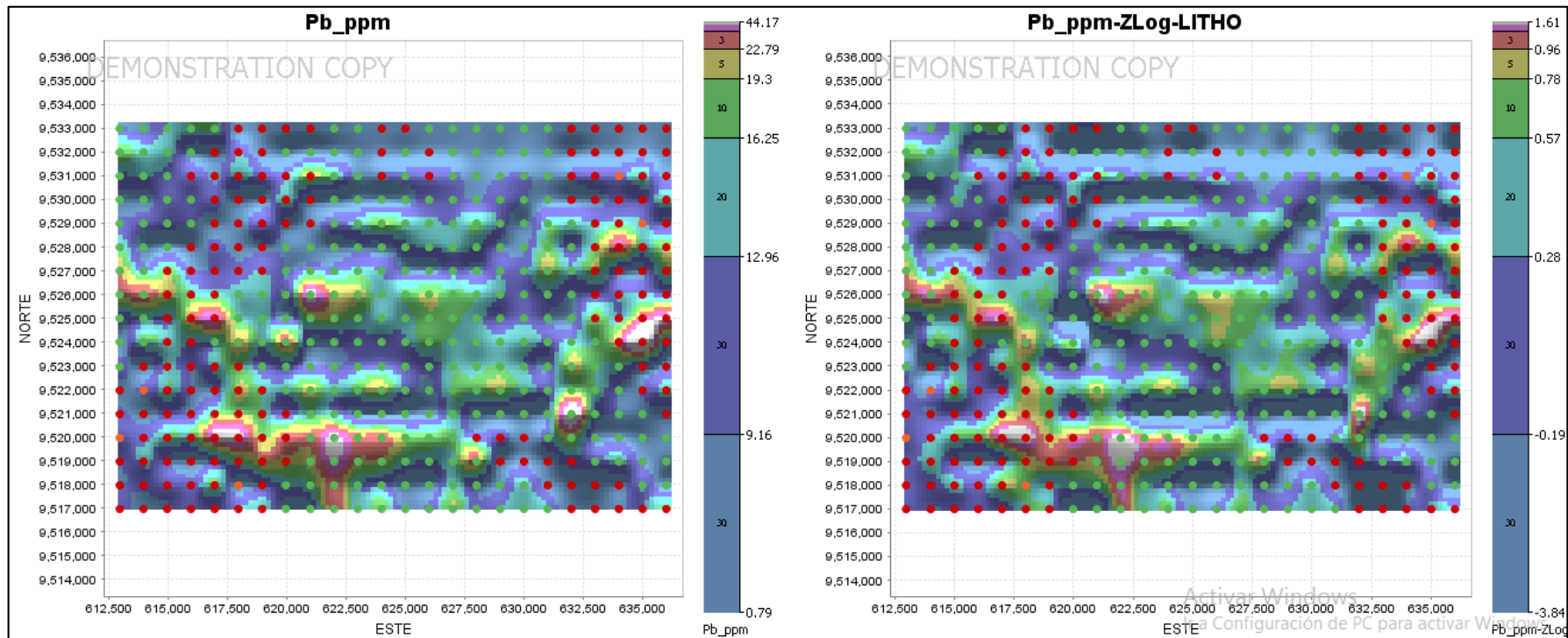


Figura 63. Mapas de Anomalías de Plomo Asociados a la Litología.

### Diagrama de probabilidades de Plomo asociadas con la Litología.

En el gráfico de la derecha vemos que las anomalías de plomo están asociadas a los intrusivos del Batolito de Tangula (G) y a las rocas dacíticas de la Formación Piñon (K) como se muestra en el gráfico de la derecha marcados por puntos de color rojo y verde como se ve en la parte superior derecha.

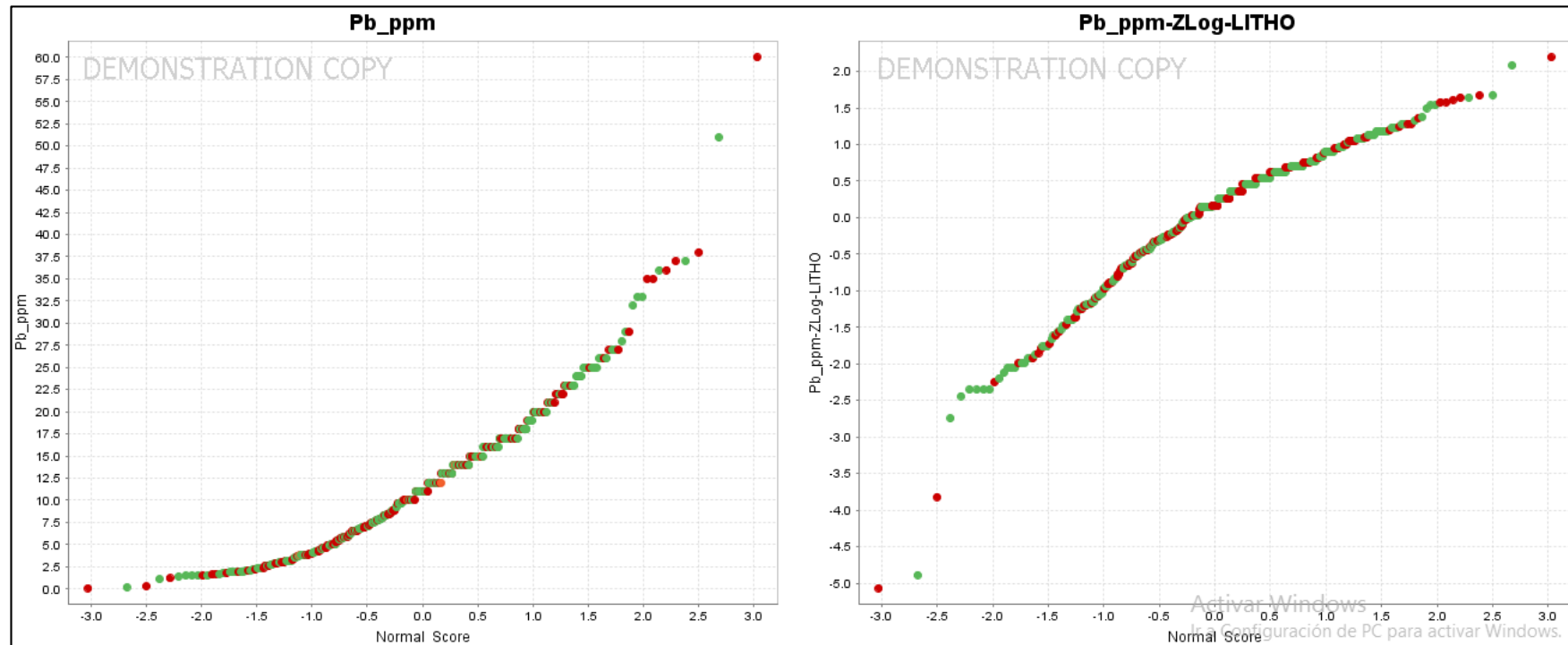


Figura 64. Diagrama de probabilidades de Plomo asociadas con la litología.

En el Variograma de Plomo El distanciamiento o Alcance óptimo del muestreo para determinar una influencia de correlación adecuada es de hasta 9000 metros, fuera de este, la correlación de muestras de plata no presentarían una buena relación entre ellas.

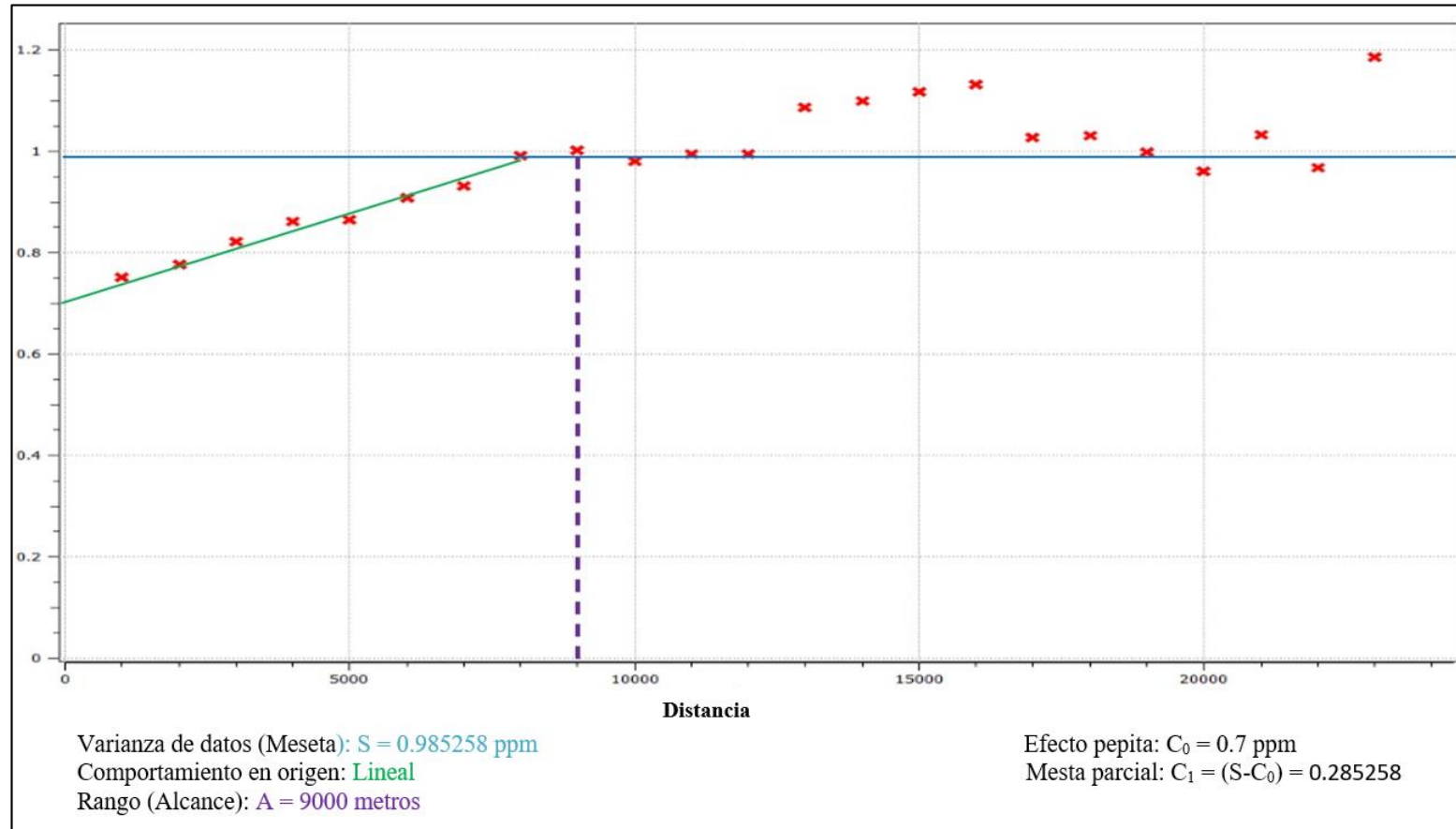


Figura 65. Diagrama de probabilidades de Plomo asociadas con la litología.



### Generación de vistas en 3D usando Leapfrog

#### Vista en 3D de las zonas mineralizadas de Cobre

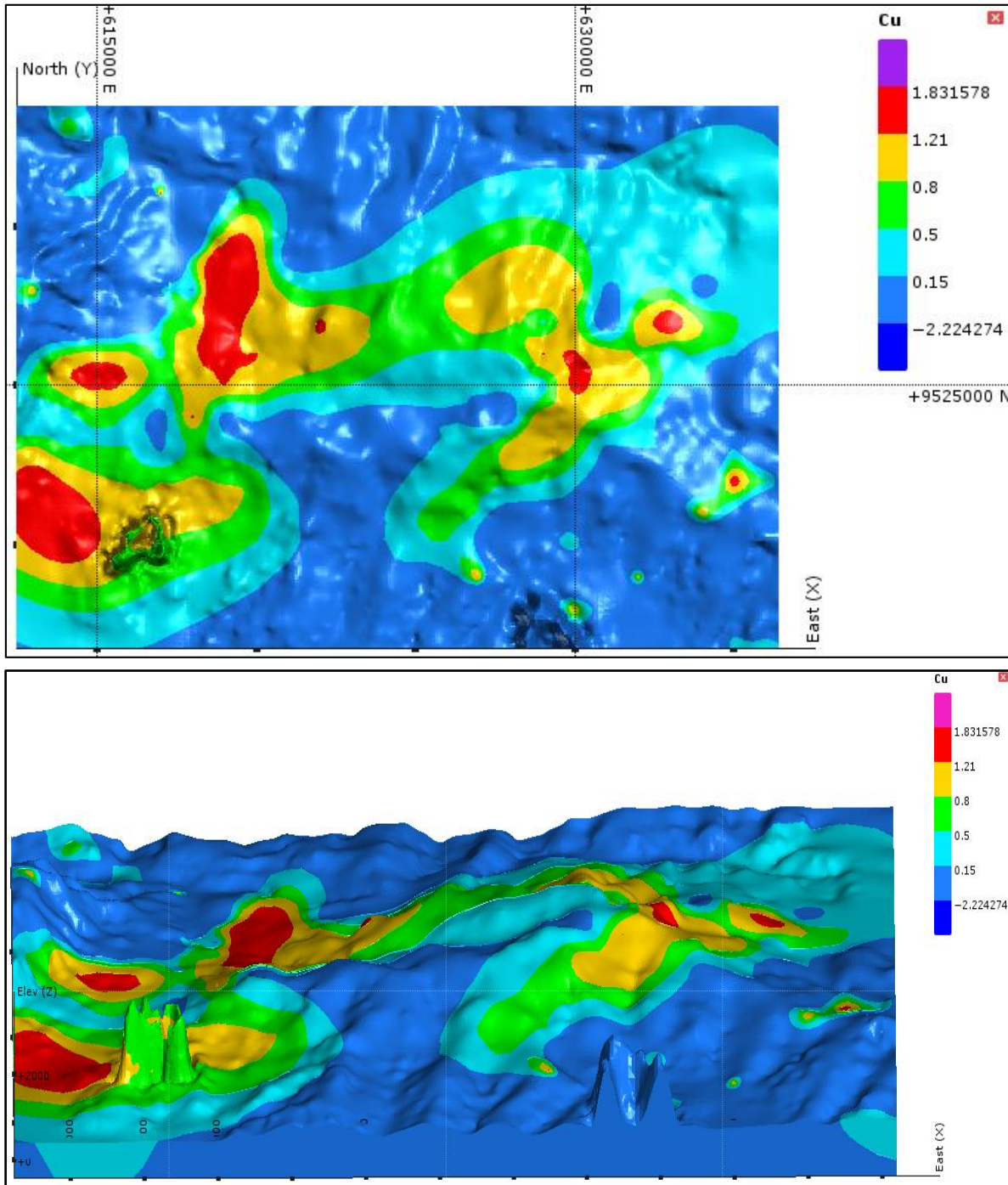


Figura 66. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Cu



### Vista en 3D de las zonas mineralizadas de Molibdeno

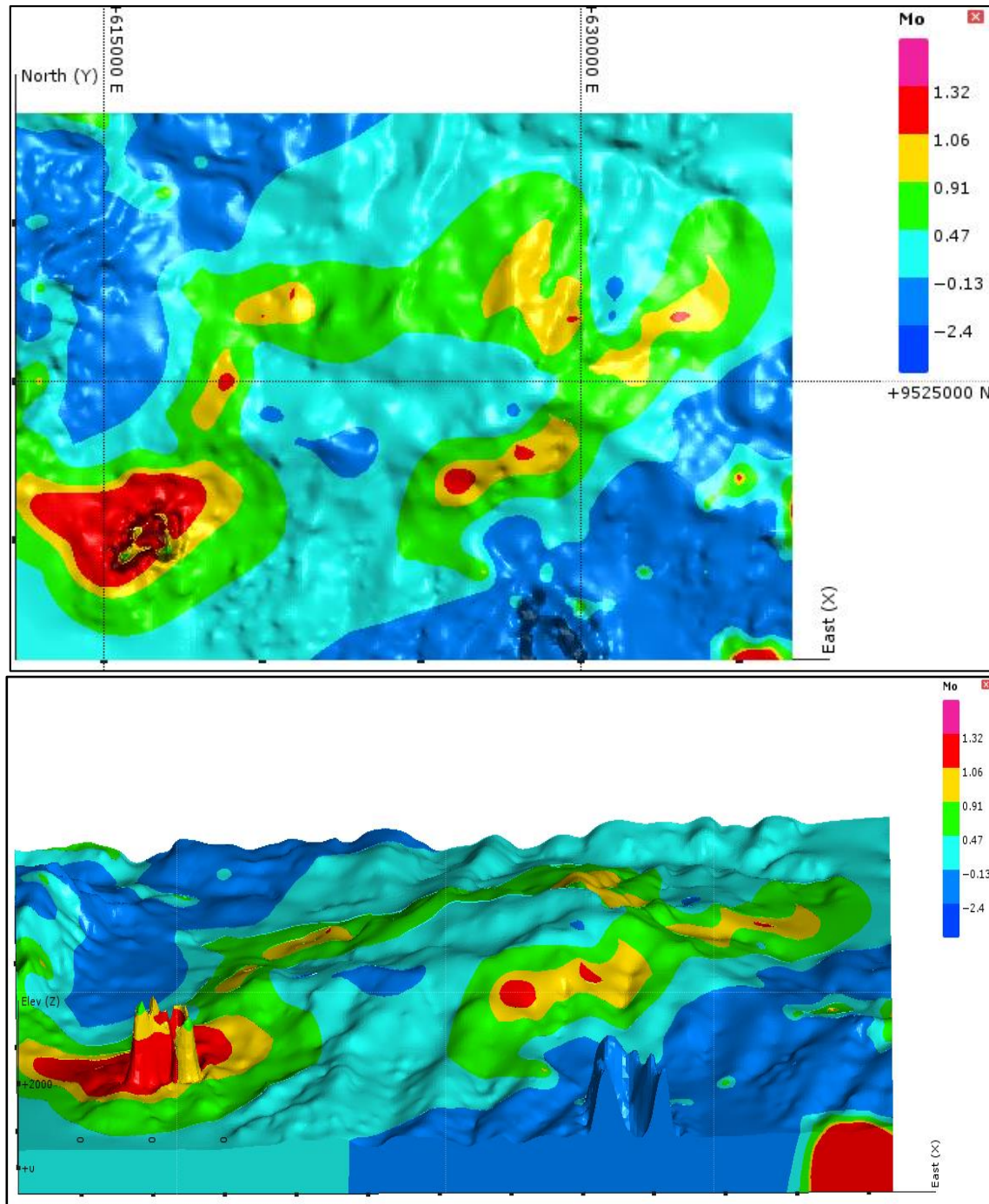


Figura 67. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Molibdeno

### Vista en 3D de las zonas mineralizadas de Oro

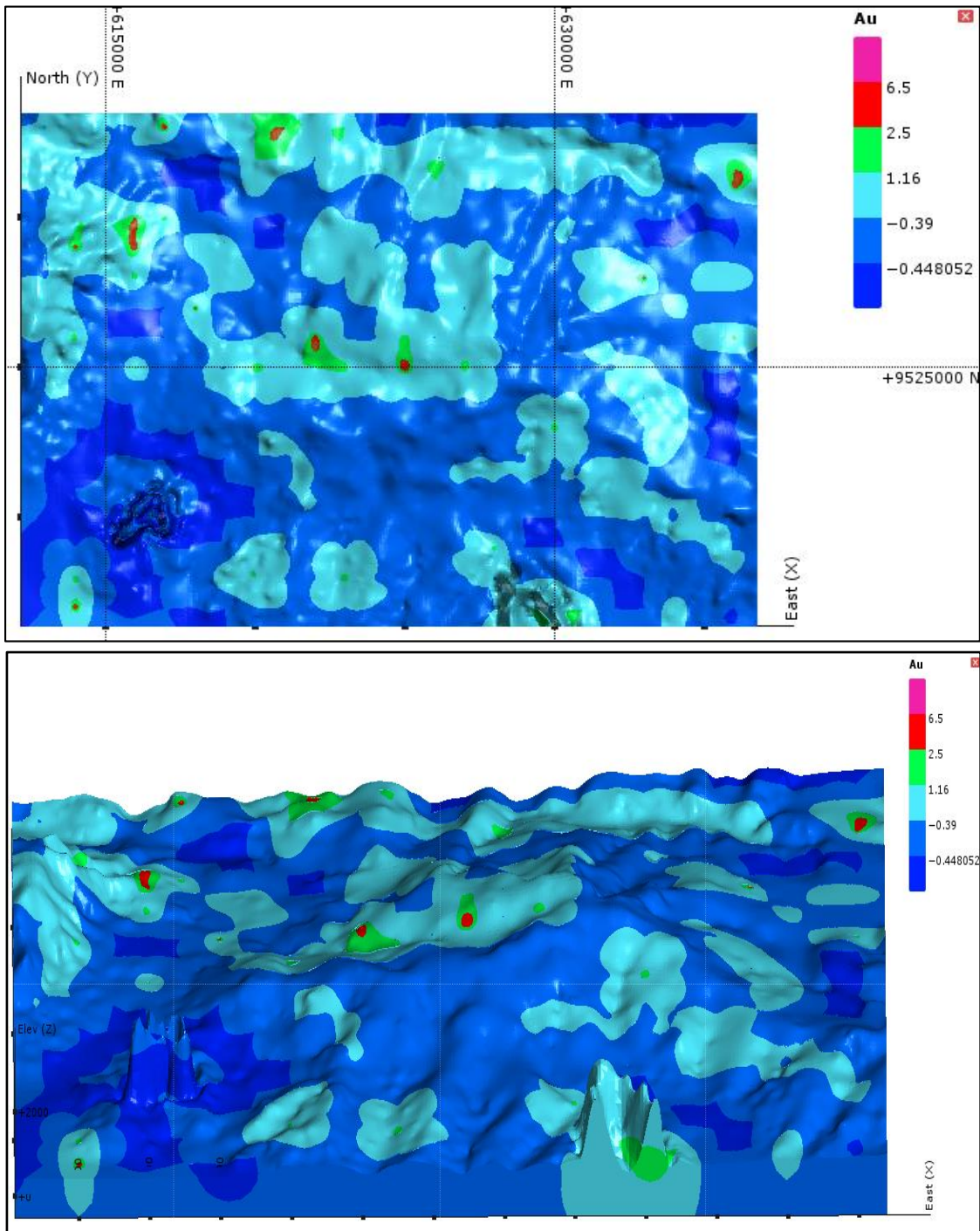


Figura 68. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Oro



### Vista en 3D de las zonas mineralizadas de Plata

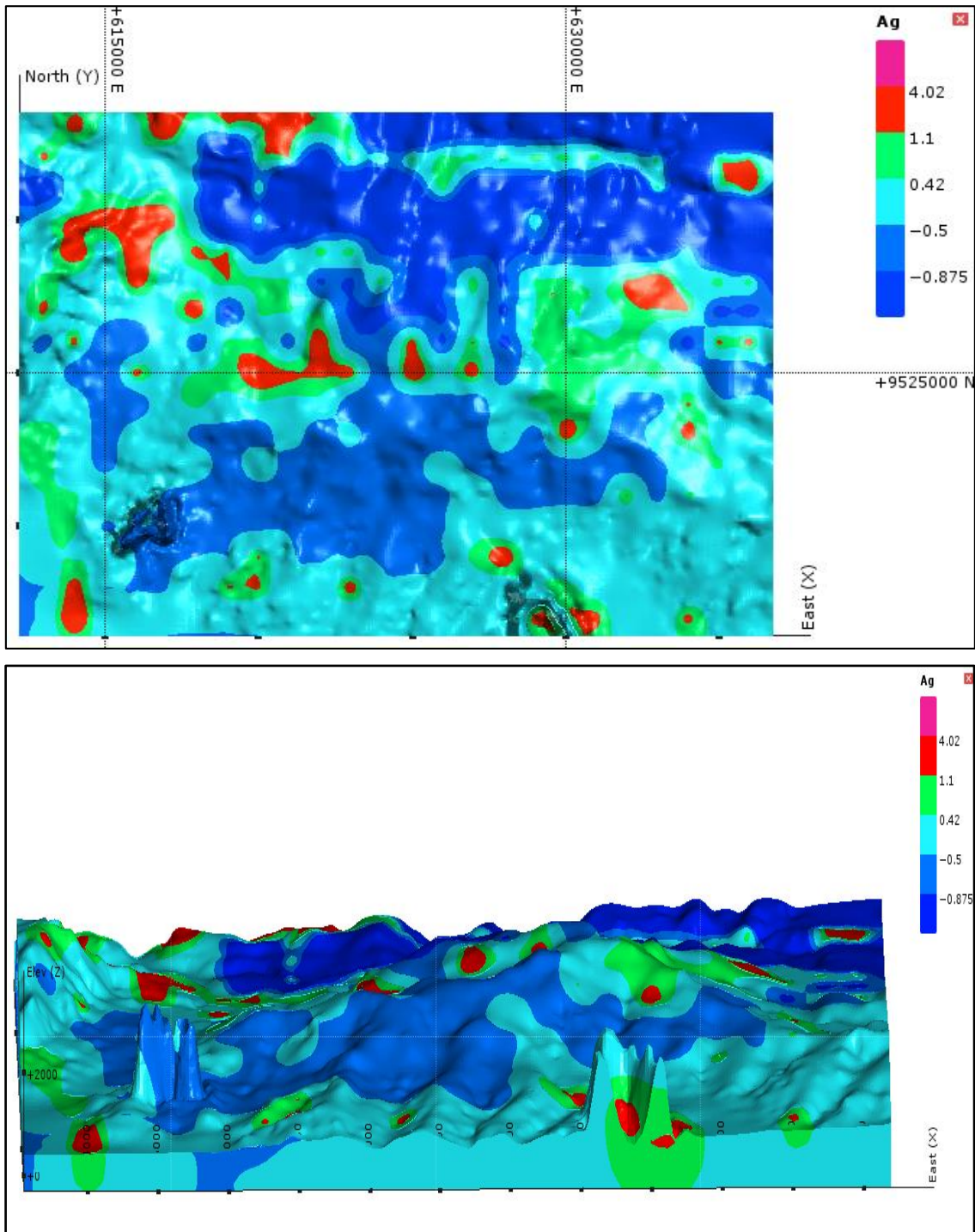


Figura 69. Vistas en 3D de las zonas anómalas de plata

### Vista en 3D de las zonas mineralizadas de Antimonio

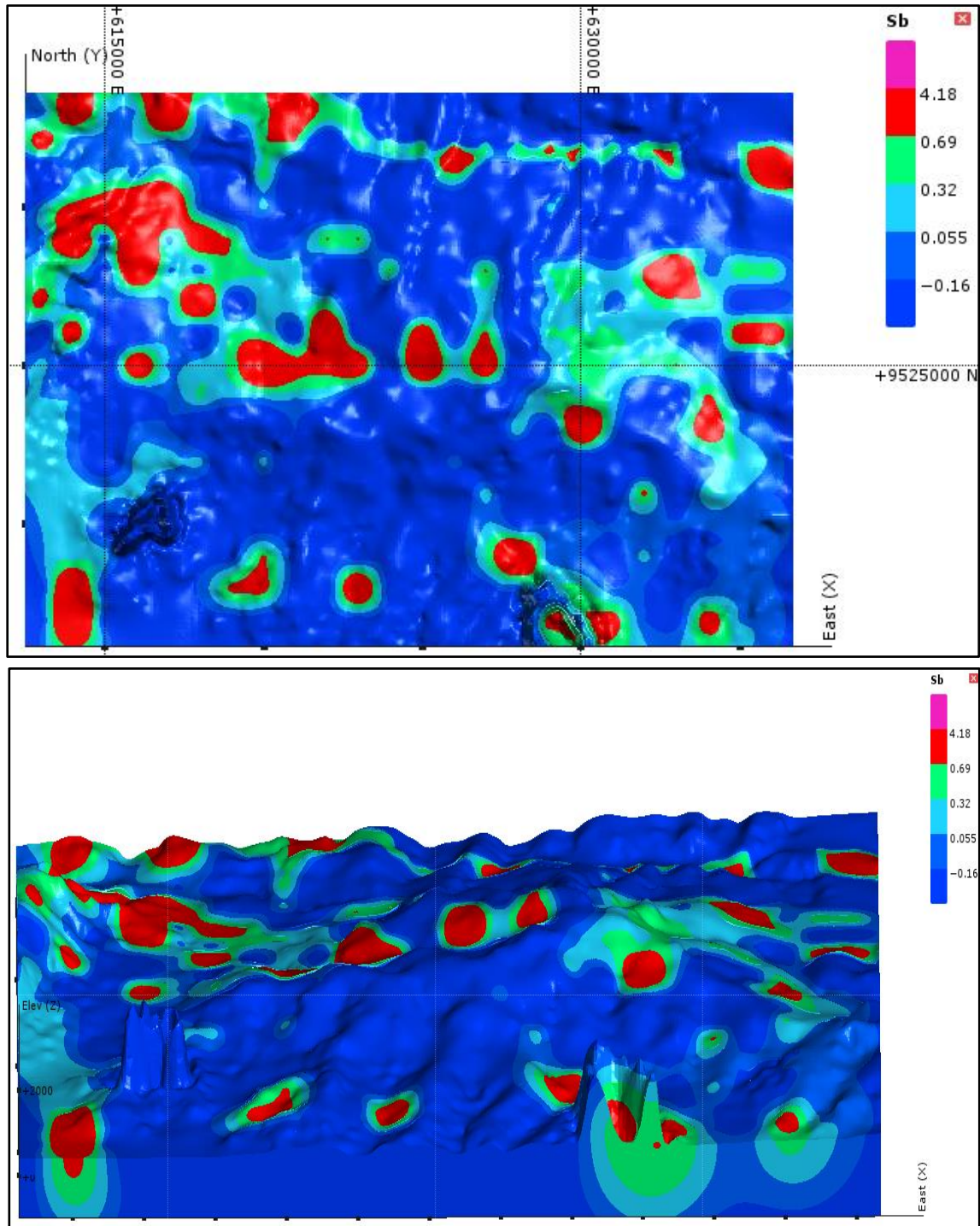


Figura 70. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Antimonio



**Vista en 3D de las zonas mineralizadas de Zinc**

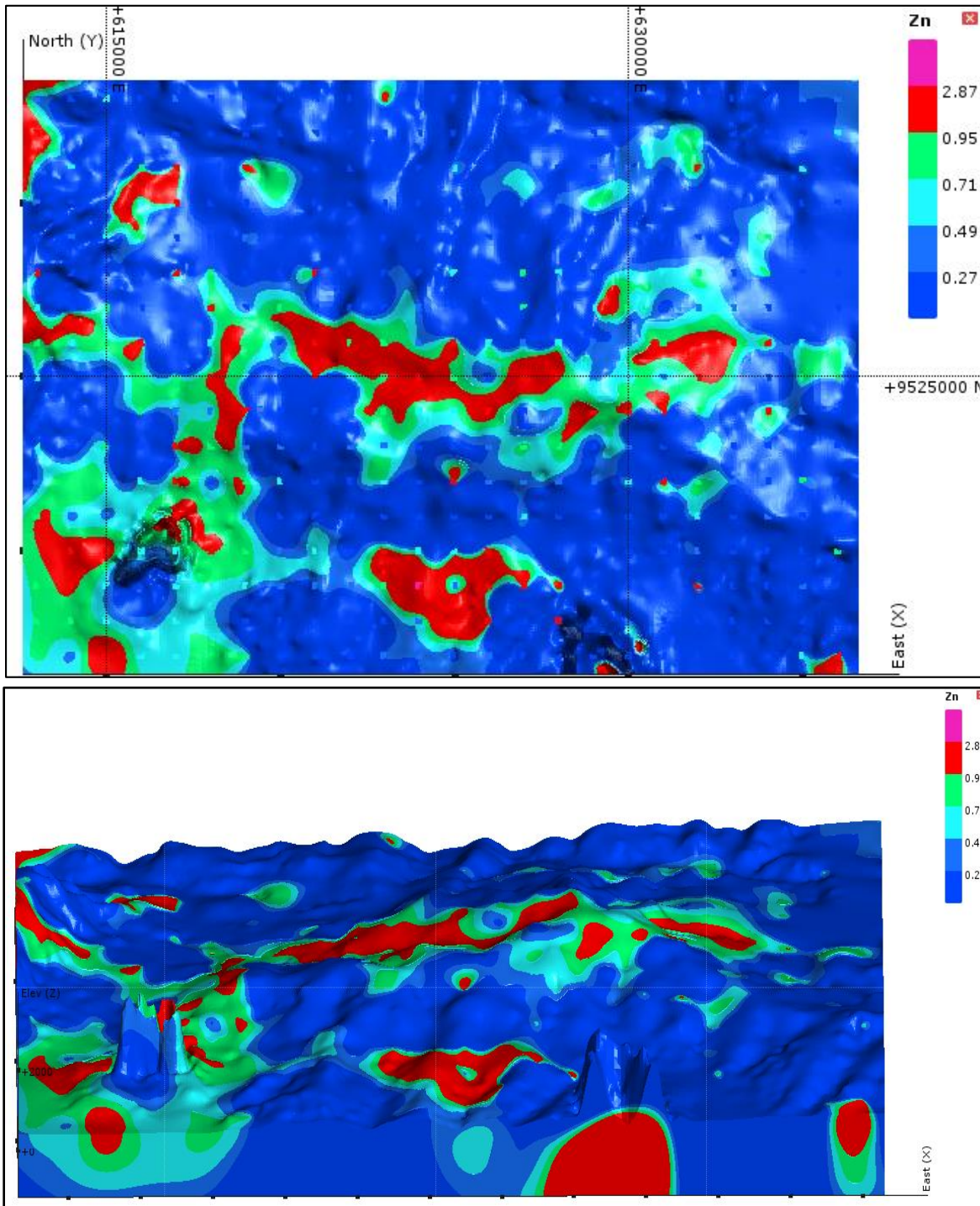


Figura 71. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Antimonio

### Vista en 3D de las zonas mineralizadas de Plomo

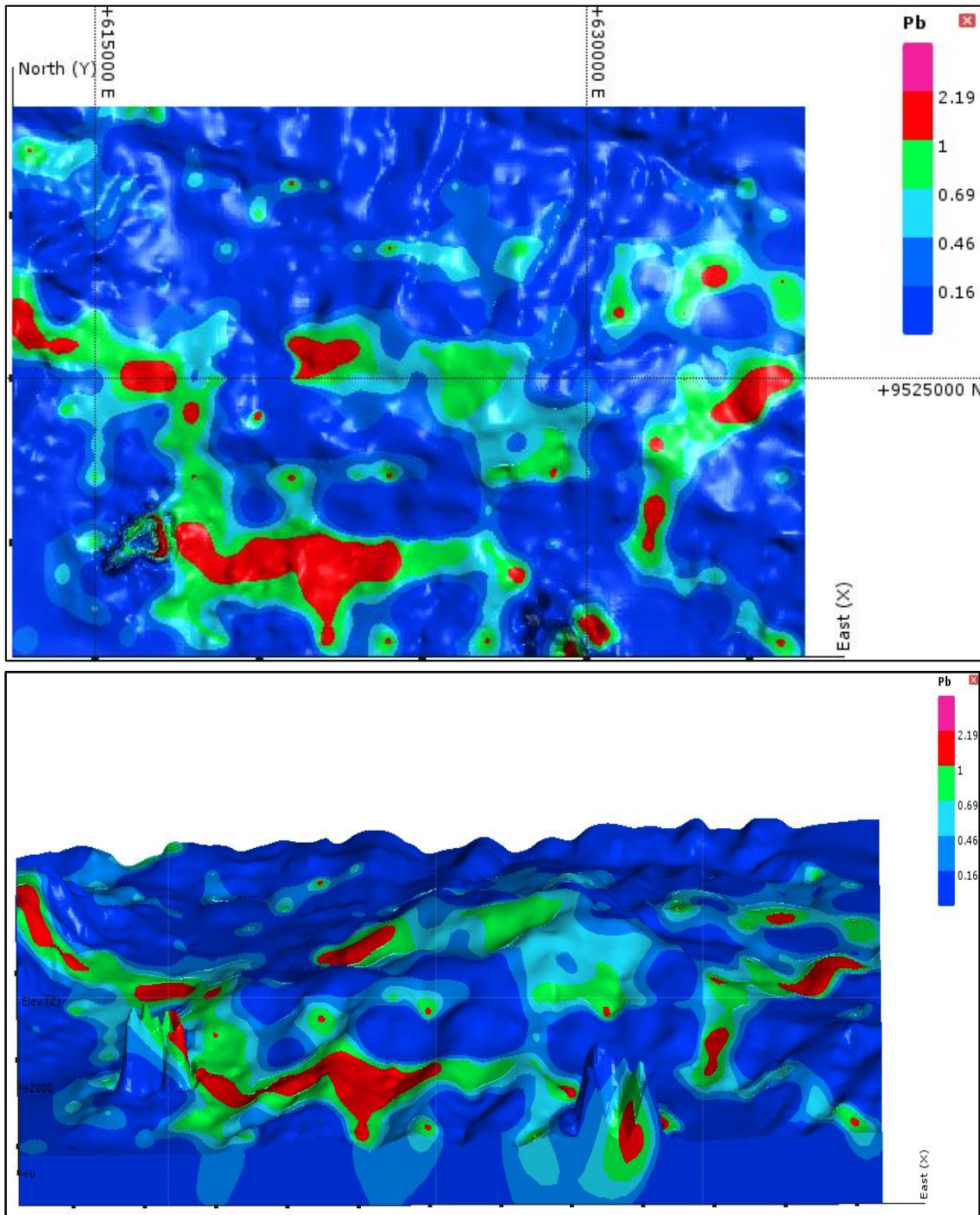


Figura 72. Vistas en 3D de las zonas anómalas de Antimonio

## Coordenadas de los blancos Exploratorios

**Tabla 2.**

*Coordenadas de los blancos exploratorios de Cobre*

#N	ID MUESTRA	ESTE	NORTE	ROCA
1	74	613990	9519990	GRANITO
2	97	612990	9520990	GRANITO
3	98	613990	9520990	GRANITO
4	121	612990	9521990	GRANITO
5	261	632990	9526990	GRANITO
6	341	616990	9530990	GRANITO

**Tabla 3.**

*Coordenadas de los blancos exploratorios de Molibdeno*

#N	ID MUESTRA	ESTE	NORTE	ROCA
7	51	614990	9518990	GRANITO
3	98	613990	9520990	GRANITO
8	99	614990	9520990	GRANITO

**Tabla 4.**

*Coordenadas de los blancos exploratorios de Zinc*

#N	ID MUESTRA	ESTE	NORTE	ROCA
9	37	624990	9517990	BASALTO
10	38	625990	9517990	BASALTO
11	60	623990	9518990	BASALTO
12	64	627990	9518990	BASALTO
13	225	620990	9525990	BASALTO

**Tabla 5.**

*Coordenadas de los blancos exploratorios de Plomo*

#N	ID MUESTRA	ESTE	NORTE	ROCA
14	58	621990	9518990	BASALTO
15	77	616990	9519990	GRANITO
16	78	617990	9519990	GRANITO
17	82	621990	9519990	BASALTO
18	116	631990	9520990	BASALTO
19	191	634990	9523990	GRANITO
20	197	616990	9524990	GRANITO
21	215	634990	9524990	GRANITO
22	216	635990	9524990	GRANITO
13	225	620990	9525990	BASALTO

**Tabla 6.**

*Coordenadas de los blancos exploratorios de Plata – Antimonio- Oro*

#N	ID MUESTRA	ESTE	NORTE	ROCA
24	2	613990	9516990	GRANITO
25	26	613990	9517990	GRANITO
26	205	624990	9524990	BASALTO
27	226	621990	9525990	BASALTO
28	246	617990	9526990	GRANITO
29	285	632990	9527990	GRANITO
30	290	613990	9528990	BASALTO
31	292	615990	9528990	BASALTO
32	316	615990	9529990	BASALTO
33	360	635990	9530990	GRANITO
34	389	616990	9532990	BASALTO

**Tabla 7.**

*Coordenadas de los blancos exploratorios de Oro*

#N	ID MUESTRA	ESTE	NORTE	ROCA
35	162	629990	9522990	BASALTO
36	268	615990	9527990	GRANITO



## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

A partir del análisis estadístico de datos (EDA) de la información muestreo geoquímico se permitió tener una idea anticipada del comportamiento de los minerales encontrados en las muestras, evidenciando dispersión de los datos y con el análisis de los mapas e interpretaciones realizadas, se acepta la hipótesis general comprobando la ubicación de treinta y seis blancos exploratorios en el distrito de Loja mediante el análisis geoestadístico de información geoquímica.

El estudio cerca de unidades mineras favorece la dispersión secundaria que permite que diferentes fragmentos minerales se acumulen en suelos, y arroyos dependiendo de su movilidad, luego se hace una preparación de la muestra, y se escoge la digestión de acuerdo con el ambiente geomorfológico y se hace un análisis químico (Gandhi, 2017). En este estudio se tomaron muestras de suelo aprovechando la dispersión de las minas que están en la zona norte de Loja, de diferentes prospectos de Salazar Resources.

Guimaraes et al. (2016) y Fan et al. (2017) identificaron áreas objetivas, empezando con un análisis exploratorio de datos que se basó principalmente en análisis multivariado, en el caso de Yuan et al. (2012) distinguió zonas mineralizadas empleando métodos de interpolación por Krigin. Estos resultados guardan cierta relación con lo mencionado, debido a que en el presente estudio se empleó diagramas de correlación obteniendo muy buenas asociaciones y acercándonos a firmas conocidas de depósitos tipo pórfido.

Una de las técnicas clave, para localizar depósitos minerales se ha invertido en el establecimiento de anomalías geoquímicas. Como mencionan (Xiong et al., 2018; Zuo y Xiong, 2018), los métodos convencionales generalmente se enfocan en la detección de anomalías geoquímicas positivas e ignoran las anomalías geoquímicas negativas relacionadas con la mineralización y no tratan los datos estadísticamente pudiendo tener sesgos en los resultados, en el presente, se identificaron 36 anomalías de cobre, molibdeno, oro plata, antimonio, plomo y zinc, para lo cual se procesó la información, normalizando los datos para evitar sesgos estadísticos.

Carranco y Ruiz (2015) Analizaron e interpretaron la geología y geoquímica en el área que cubre la hoja topográfica Zamora en Ecuador para determinar ocurrencias minerales, donde definieron dos zonas con posible potencial minero (Tzunantza y Nanguipa) a partir de la correlación de las anomalías geoquímicas con la geología. En esta investigación se determinó que la litología que alberga las anomalías geoquímicas son rocas graníticas del batolito de Tangula y en rocas basálticas de la formación Piñon.

#### **4.1. Conclusiones**

Al realizar el análisis geoestadístico de información geoquímica se concluye que:

El análisis estadístico de datos (EDA) de la información muestreo geoquímico de cobre, molibdeno, oro plata, plomo y zinc, permitió tener una idea anticipada del comportamiento de los minerales encontrados en las muestras, evidenciando dispersión de los datos.

Se identificaron 36 anomalías de cobre, molibdeno, oro plata, antimonio, plomo y zinc.

La litología que alberga las anomalías geoquímicas son rocas graníticas del batolito de Tangula y en rocas basálticas de la formación Piñon.

Los mapas en 3D muestran a mayor detalle las zonas y blancos exploratorios.

Las coordenadas de los blancos exploratorios se muestran en las tablas 2 a 7.

## 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>

## ANEXOS

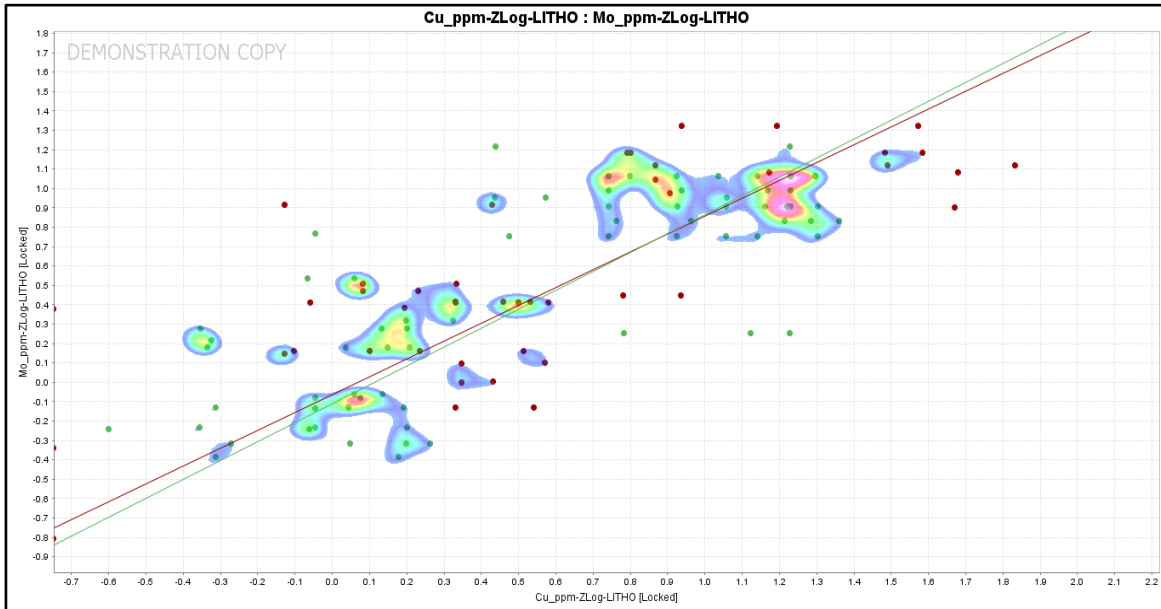


Figura 73. Gráfico de correlación Cu-Mo

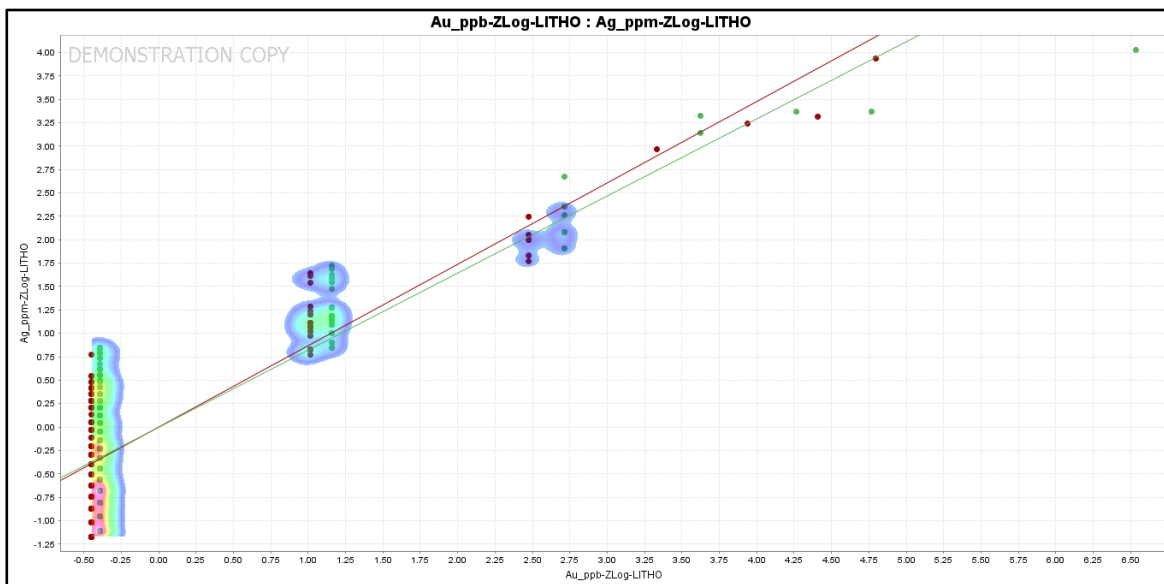


Figura 74. Gráfico de correlación Au-Ag

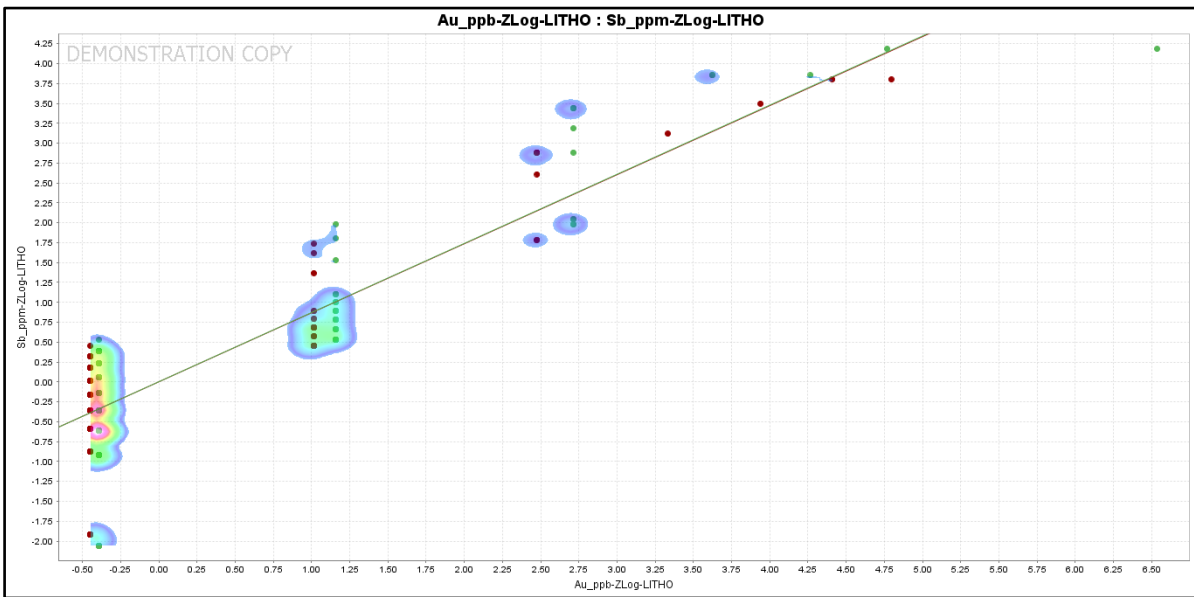


Figura 75. Gráfico de correlación Au-Sb

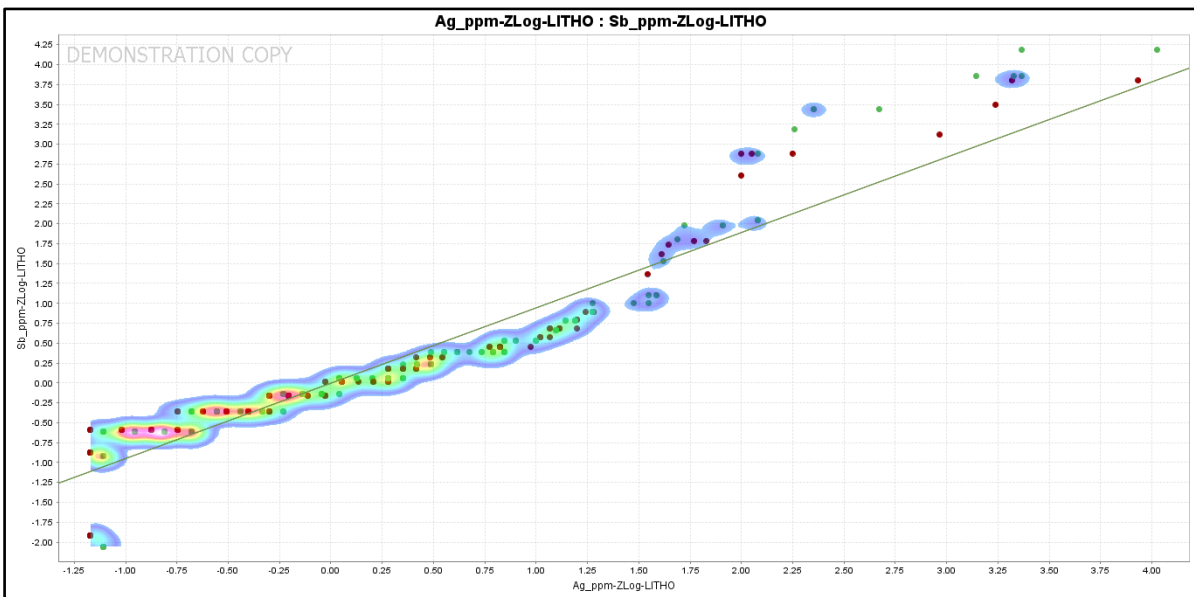


Figura 76. Gráfico de correlación Ag-Sb

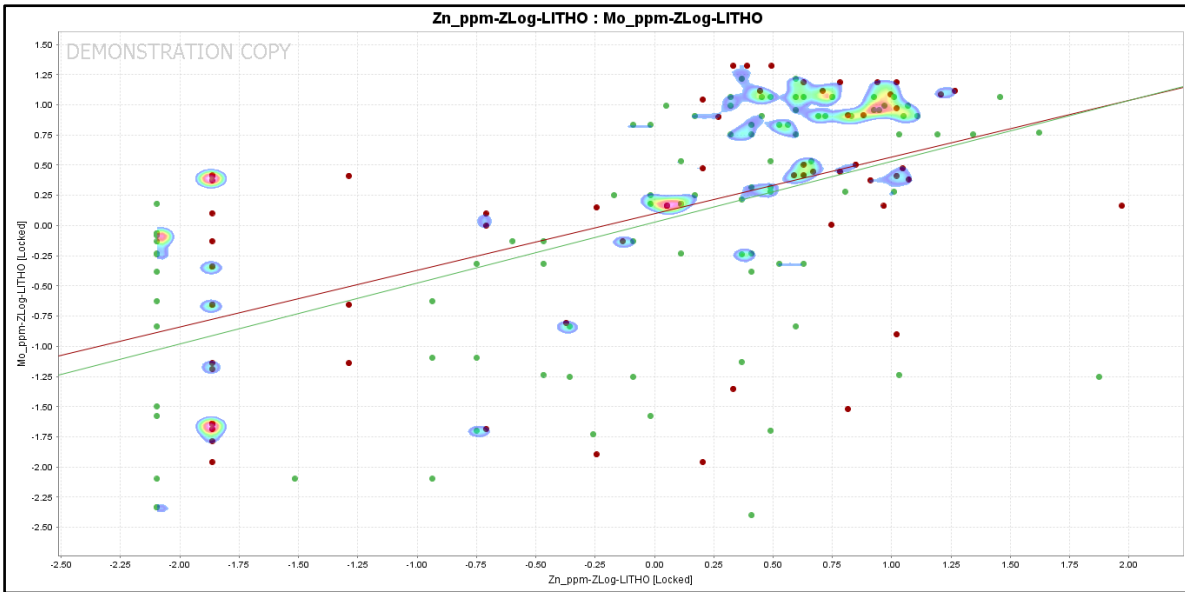


Figura 77. Gráfico de correlación Zn-Mo

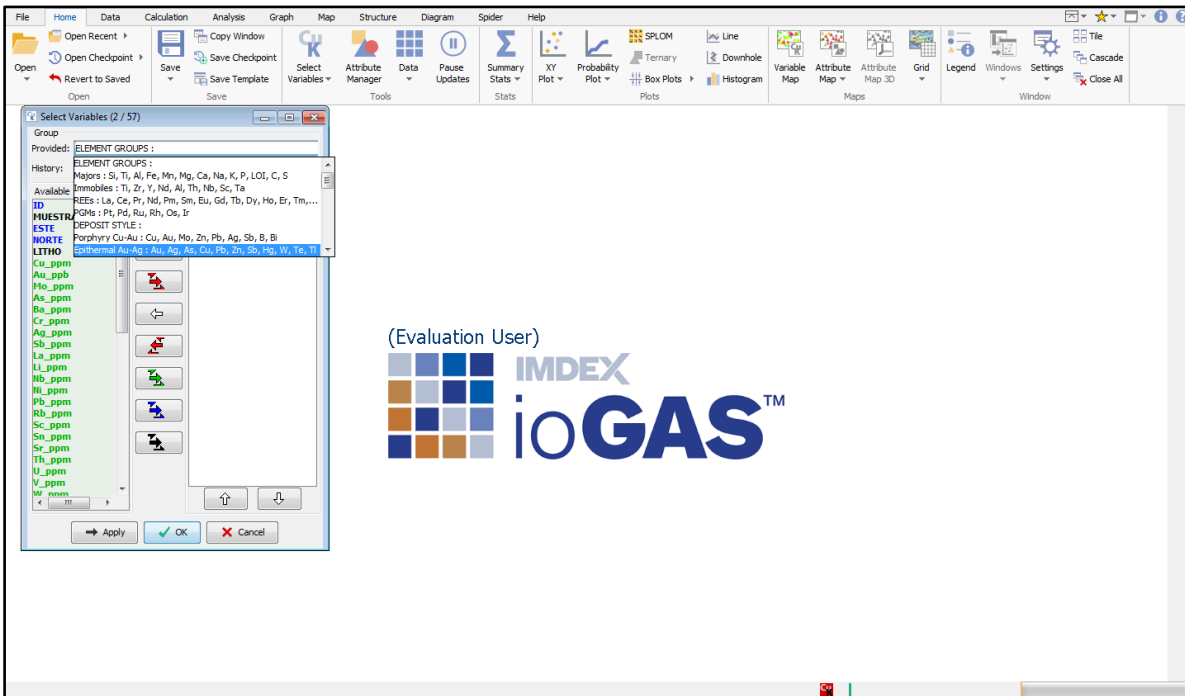
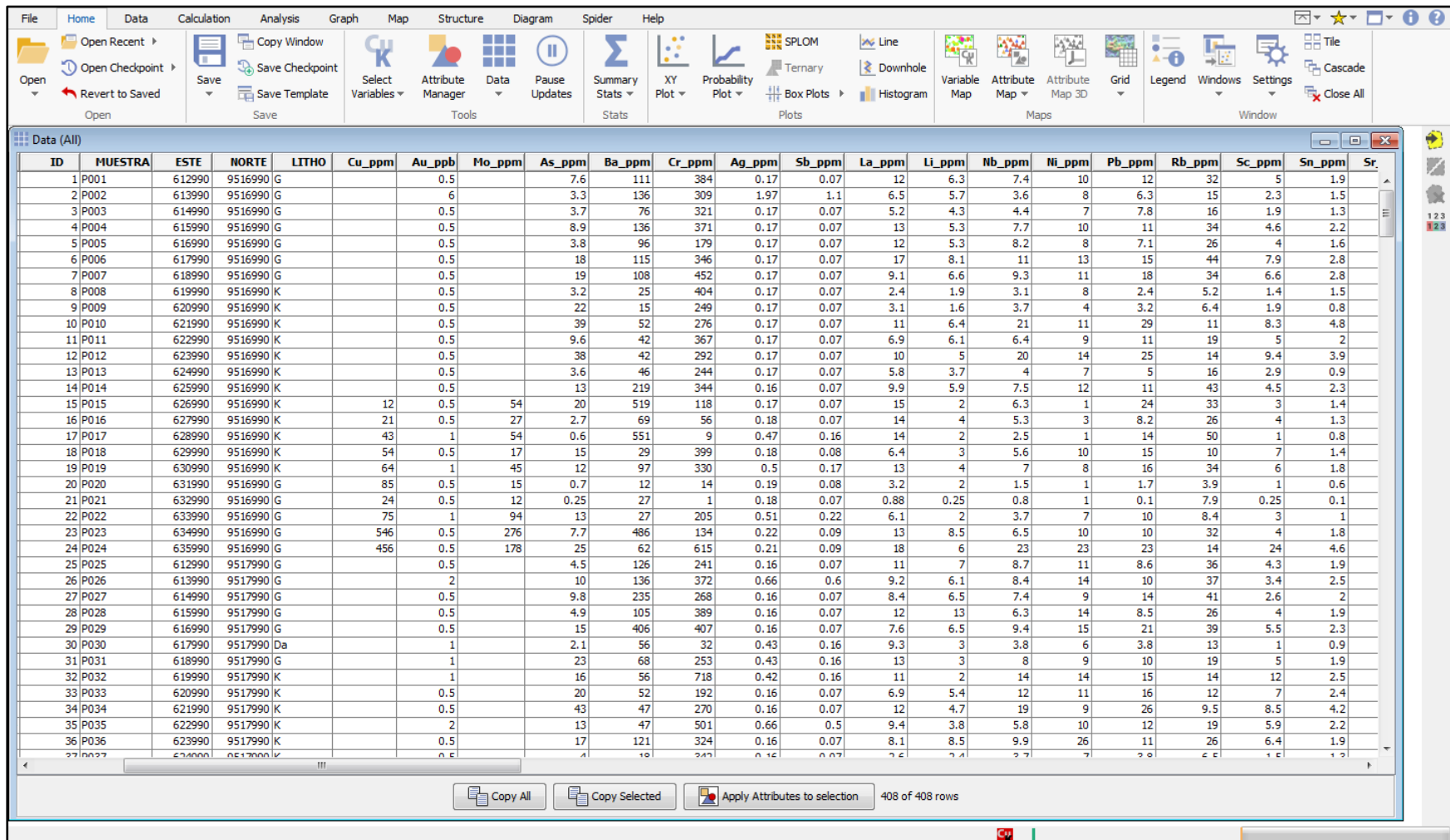


Figura 78. Interfaz ioGAS





ID	MUESTRA	ESTE	NORTE	LITHO	Cu_ppm	Au_ppb	Mo_ppm	As_ppm	Ba_ppm	Cr_ppm	Ag_ppm	Sb_ppm	La_ppm	Li_ppm	Nb_ppm	Ni_ppm	Pb_ppm	Rb_ppm	Sc_ppm	Sn_ppm	Sr		
1	P001	612990	9516990	G		0.5		7.6	111	384	0.17	0.07	6.3	7.4	10	12	32	5	1.9				
2	P002	613990	9516990	G		6		3.3	136	309	1.97	1.1	6.5	5.7	3.6	8	6.3	15	2.3	1.5			
3	P003	614990	9516990	G		0.5		3.7	76	321	0.17	0.07	5.2	4.3	4.4	7	7.8	16	1.9	1.3			
4	P004	615990	9516990	G		0.5		8.9	136	371	0.17	0.07	13	5.3	7.7	10	11	34	4.6	2.2			
5	P005	616990	9516990	G		0.5		3.8	96	179	0.17	0.07	12	5.3	8.2	8	7.1	26	4	1.6			
6	P006	617990	9516990	G		0.5		18	115	346	0.17	0.07	17	8.1	11	13	15	44	7.9	2.8			
7	P007	618990	9516990	G		0.5		19	108	452	0.17	0.07	9.1	6.6	9.3	11	18	34	6.6	2.8			
8	P008	619990	9516990	K		0.5		3.2	25	404	0.17	0.07	2.4	1.9	3.1	8	2.4	5.2	1.4	1.5			
9	P009	620990	9516990	K		0.5		22	15	249	0.17	0.07	3.1	1.6	3.7	4	3.2	6.4	1.9	0.8			
10	P010	621990	9516990	K		0.5		39	52	276	0.17	0.07	11	6.4	21	11	29	11	8.3	4.8			
11	P011	622990	9516990	K		0.5		9.6	42	367	0.17	0.07	6.9	6.1	6.4	9	11	19	5	2			
12	P012	623990	9516990	K		0.5		38	42	292	0.17	0.07	10	5	20	14	25	14	9.4	3.9			
13	P013	624990	9516990	K		0.5		3.6	46	244	0.17	0.07	5.8	3.7	4	7	5	16	2.9	0.9			
14	P014	625990	9516990	K		0.5		13	219	344	0.16	0.07	9.9	5.9	7.5	12	11	43	4.5	2.3			
15	P015	626990	9516990	K		12	0.5	54	20	519	0.17	0.07	15	2	6.3	1	24	33	3	1.4			
16	P016	627990	9516990	K		21	0.5	27	2.7	69	0.18	0.07	14	4	5.3	3	8.2	26	4	1.3			
17	P017	628990	9516990	K		43	1	54	0.6	551	9	0.47	0.16	14	2	2.5	1	14	50	1	0.8		
18	P018	629990	9516990	K		54	0.5	17	15	29	399	0.18	0.08	6.4	3	5.6	10	15	10	7	1.4		
19	P019	630990	9516990	K		64	1	45	12	97	330	0.5	0.17	13	4	7	8	16	34	6	1.8		
20	P020	631990	9516990	G		85	0.5	15	0.7	12	14	0.19	0.08	3.2	2	1.5	1	1.7	3.9	1	0.6		
21	P021	632990	9516990	G		24	0.5	12	0.25	27	1	0.18	0.07	0.88	0.25	0.8	1	0.1	7.9	0.25	0.1		
22	P022	633990	9516990	G		75	1	94	13	27	205	0.51	0.22	6.1	2	3.7	7	10	8.4	3	1		
23	P023	634990	9516990	G		546	0.5	276	7.7	486	134	0.22	0.09	13	8.5	6.5	10	10	32	4	1.8		
24	P024	635990	9516990	G		456	0.5	178	25	62	615	0.21	0.09	18	6	23	23	14	24	4.6			
25	P025	612990	9517990	G			0.5		4.5	126	241	0.16	0.07	11	7	8.7	11	8.6	36	4.3	1.9		
26	P026	613990	9517990	G			2		10	136	372	0.66	0.6	9.2	6.1	8.4	14	10	37	3.4	2.5		
27	P027	614990	9517990	G			0.5		9.8	235	268	0.16	0.07	8.4	6.5	7.4	9	14	41	2.6	2		
28	P028	615990	9517990	G			0.5		4.9	105	389	0.16	0.07	12	13	6.3	14	8.5	26	4	1.9		
29	P029	616990	9517990	G			0.5		15	406	407	0.16	0.07	7.6	6.5	9.4	15	21	39	5.5	2.3		
30	P030	617990	9517990	Da			1		2.1	56	32	0.43	0.16	9.3	3	3.8	6	3.8	13	1	0.9		
31	P031	618990	9517990	G			1		23	68	253	0.43	0.16	13	3	8	9	10	19	5	1.9		
32	P032	619990	9517990	K			1		16	56	718	0.42	0.16	11	2	14	14	15	14	12	2.5		
33	P033	620990	9517990	K			0.5		20	52	192	0.16	0.07	6.9	5.4	12	11	16	12	7	2.4		
34	P034	621990	9517990	K			0.5		43	47	270	0.16	0.07	12	4.7	19	9	26	9.5	8.5	4.2		
35	P035	622990	9517990	K			2		13	47	501	0.66	0.5	9.4	3.8	5.8	10	12	19	5.9	2.2		
36	P036	623990	9517990	K			0.5		17	121	324	0.16	0.07	8.1	8.5	9.9	26	11	26	6.4	1.9		
37	P037	624990	9517990	K			0.5		18	243	313	0.16	0.07	7.6	7.4	7.7	7	9.8	6.6	1.6	1.3		

Figura 79. Data de muestreo