



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Análisis de lineamientos estructurales y de alteraciones hidrotermales mediante el uso de la teledetección entre los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j)

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Wilson Humberto LÓPEZ ABANTO

ASESOR

Javier Pablo JACAY HUARACHE

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

López, W. (2025). *Análisis de lineamientos estructurales y de alteraciones hidrotermales mediante el uso de la teledetección entre los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Wilson Humberto López Abanto
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46548020
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3673-671X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Javier Pablo Jacay Huarache
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08085704
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9642-9028
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Ciro Sergio Bedia Guillén
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06130412
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Pedro Antonio Olivares Ballena
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06085689
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Christian Augusto Hurtado Enrique
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	45585445

Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.1.11. Recursos Mineros
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima – Pasco - Huánuco Provincia: Huaral - Huaura - Oyón Distrito: Ihuari - Santa Leonor - Óyon Centro poblado: Churín - Óyon Latitud: -10.750 Longitud: -76.750
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2024 - 2025
URL de disciplinas OCDE	Geología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.06 Geociencias https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.01 Ciencias de la Tierra https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.00



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

En el salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el miércoles 05 de noviembre del año 2025 siendo las 5:00 pm, en presencia de los señores docentes designados como miembros de Jurado Calificador:

Dr. CIRO SERGIO BEDIA GUILLÉN

(Presidente De Jurado)

Ing. PEDRO ANTONIO OLIVARES BALLENA

(Miembro de Jurado)

Mg. CHRISTIAN AUGUSTO HURTADO ENRIQUE

(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis del Bach. **WILSON HUMBERTO LÓPEZ ABANTO**, quien sustentará la Tesis titulada: **"ANÁLISIS DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES Y DE ALTERACIONES HIDROTERMALES MEDIANTE EL USO DE LA TELEDETECCIÓN ENTRE LOS CUADRÁNGULOS DE YANAHUANCA (21-J), OYÓN (22-J) Y CANTA (23-J)";** su asesor el docente **ING. JAVIER PABLO JACAY HUARACHE**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas:

A Satisfacción del Jurado

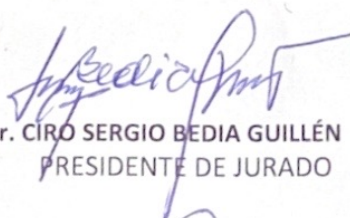
El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

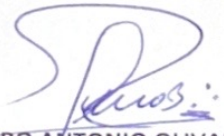
Dieciséis (16)

Habiendo sido aprobada la sustentación de Tesis por el Jurado Calificador, el presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO** al Bach. **WILSON HUMBERTO LÓPEZ ABANTO**.

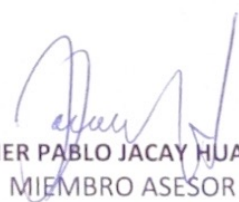
Siendo las 18:00 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas originales de la Sustentación de la Tesis.

Lima, 05 de noviembre del 2025


Dr. CIRO SERGIO BEDIA GUILLÉN
PRESIDENTE DE JURADO


ING. PEDRO ANTONIO OLIVARES BALLENA
MIEMBRO DE JURADO


MG. CHRISTIAN AUGUSTO HURTADO ENRIQUE
MIEMBRO DE JURADO


ING. JAVIER PABLO JACAY HUARACHE
MIEMBRO ASESOR



Anexo 1

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Javier Pablo JACAY HUARACHE en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la EP N°000405-205-D-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es: **«ANÁLISIS DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES Y DE ALTERACIONES HIDROTERMALES MEDIANTE EL USO DE LA TELEDETECCIÓN ENTRE LOS CUADRÁNGULOS DE YANAHUANCA (21-j), OYÓN (22-j) Y CANTA (23-j)»**, presentado por el bachiller **Wilson Humberto LÓPEZ ABANTO**, para optar el título de Ingeniero Geólogo,

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 17 % de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título de Ingeniero Geólogo

Lima, 13 de octubre de 2025

Asesor: Javier Pablo JACAY HUARACHE
DNI: 08085704

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

DEDICATORIA

“A mi querida madre, Lucila Abanto, por todo su sacrificio y lucha constante para que yo pueda seguir adelante.

A mi padre, Humberto López Estrada, porque todos tenemos heridas en el alma y a pesar de eso, seguimos adelante.”

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, expreso mi agradecimiento a Dios por las numerosas bendiciones recibidas a lo largo de mi vida y por otorgarme la fortaleza necesaria para continuar adelante.

A mi familia, en especial mi mamá Lucy Abanto, mi papá Humberto López y a mi hermanita Jazmín López Abanto, por su comprensión, estímulo, motivación y apoyo constante a lo largo de mis estudios.

A mi Alma Máter la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en especial a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por los conocimientos inculcados durante mi carrera profesional.

A mi asesor el Ing. Javier Jacay Huarache, por su orientación y apoyo incondicional durante el desarrollo de la presente investigación.

A mi enamorada Yessenia Puma Enriquez, por su constante apoyo y motivación para realizar este trabajo de investigación.

Por último, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de este camino. Sin su aliento, colaboración y confianza, la realización de este trabajo no habría sido posible.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	iii
LISTADO DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1. Problema general.....	1
1.2.2. Problemas específicos	1
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. HIPÓTESIS	2
1.4.1. Hipótesis general	2
1.4.2. Hipótesis específicas	2
1.5. OBJETIVOS	3
1.5.1. Objetivo general	3
1.5.2. Objetivos específicos.....	3
1.6. VARIABLES	3
1.6.1. Variables independientes.....	3
1.6.2. Variables dependientes.....	3
1.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA	4
1.8. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. TELEDETECCIÓN	6
2.2. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN	6
2.3. LIDAR	7
2.4. TÉCNICAS DE SOMBRAS COMBINADAS.....	7
2.5. TÉCNICA DE IMAGEN EN RELIEVE ROJO	8
2.6. LINEAMIENTOS.....	10
2.7. DENSIDAD DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES.....	11
2.7.1. Densidad de la línea (peso e influencia).....	12
2.7.2. Densidad por la longitud del lineamiento	12
2.7.3. Densidad por fractales (análisis fractal de conteo de cajas).....	12
2.7.4. Densidad por análisis de componentes principales	14
2.8. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR ASTER	14

2.9. PROCESAMIENTOS DE IMÁGENES SATELITALES ASTER.....	19
2.9.1. Corrección Geométrica.	19
2.9.2. Corrección Radiométrica.....	20
2.9.3. Corrección Atmosférica.	20
2.9.4. Realce Espectral.	20
2.10. ALTERACIÓN HIDROTERMAL.....	22
2.11. LÓGICA DIFUSA.....	23
3. MARCO GEOLÓGICO.....	25
3.1. GEOLOGÍA REGIONAL	25
3.1.1. Estratigrafía	25
3.1.2. Rocas intrusivas y subvolcánicas	29
3.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	30
3.2. GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	31
4. METODOLOGÍA	35
4.1. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA	35
4.2. MAPA GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL COMPILADO	35
4.3. CARTOGRAFÍA DIGITAL.....	35
4.3.1. Mapa lineamientos estructurales	35
4.3.2. Mapa de densidad de lineamientos estructurales	35
4.3.3. Mapa de lógica difusa de lineamientos estructurales	37
4.3.4. Mapa de alteraciones hidrotermales a partir de imágenes tipo aster.....	37
4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN	39
5. RESULTADOS.....	40
5.1. LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES	40
5.1.1. Densidad de la línea (Peso e influencia)	40
5.1.2. Densidad por la longitud del lineamiento	41
5.1.3. Densidad por fractales (Análisis fractal de conteo de cajas).....	41
5.1.4. Densidad por Análisis de Componentes Principales.....	43
5.1.5. Mapa de lógica difusa de lineamientos estructurales	45
5.2. ANÁLISIS DE LA IMAGEN SATELITAL TIPO ASTER	46
5.2.1. Aplicación de Máscaras	47
5.2.2. Combinación de Bandas.....	47
5.2.3. Cociente de Bandas	50

6. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIONES.....	52
6.1. LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES	52
6.2. ALTERACIONES HIDROTERMALES	53
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS I: PANEL FOTOGRÁFICO.....	71
ANEXOS II: CONTEO DE LINEAMIENTOS POR ORDEN DE LINEAMIENTO E INTERSECCIÓN DE LINEAMIENTOS	76

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio	5
Figura 2. Ocho imágenes ráster sombreadas con una caída de luz constante de 45° y variación de azimut de luz cada 45° (A). Imágenes con iluminación múltiple que resultó de la combinación de imágenes sombreadas: la combinación 1 incluye imágenes sombreadas de 0°.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3. Pasos de producción de Red Relief Image Map (RRIM) propuestos por Chiba et al. (2008).....	10
Figura 4. Influencia del tamaño de la celda en el mapa de densidad (A, B y C) y el tamaño mínimo de celda se puede calcular mediante triangulación de Delauney (D). Tomado de Sáinz et al. (2000).....	13
Figura 5. Diagrama esquemático del método de conteo de cajas para medir un patrón lineal fractal: (a) 8 cajas que contienen partes de líneas objetivo con tamaño de caja $r = 4$; (b) 21 cajas contadas con tamaño de caja $r = 2$; (c) 57 cajas contadas con tamaño de caja $r = 1$; y (d) gráfico logarítmico que revela la relación de la ley de potencia del número de caja contada $N(r)$ y el tamaño de la caja r , obteniendo la dimensión fractal de conteo de cajas $D_B = 1.2653$. Tomado de Sun et al., (2017).....	14
Figura 6. Funciones de membresía de conjuntos difusos vs conjuntos precisos.....	24
Figura 7. Mapa morfoestructural de la zona de estudio.	25
Figura 8. Diagrama litoestratigráfico del área de estudio que muestra los yacimientos presentes en algunas unidades.	27
Figura 9. Mapa geológico del área de estudio.	28
Figura 10. Mapa estructural del área de estudio.....	30
Figura 11. Sección geológica F-F' y G-G' en el área de estudio, extraídas de Scherrenberg et al. (2015).....	31
Figura 12. Mapa metalogenético y yacimientos del área de estudio.	32
Figura 13. Flujograma del procesamiento para realizar Sombras Combinadas.	36
Figura 14. Flujograma del procesamiento para realizar el Mapa de Imagen de Relieve Rojo (RRIM).	36
Figura 15. Flujograma del procesamiento para realizar el Mapa de Superposición Difusa.	37
Figura 16. Flujograma del procesamiento para determinar alteraciones a partir de imágenes satelitales Aster.....	38
Figura 17. Mapa de lineamientos estructurales.	40
Figura 18. Mapa de densidad por el método de Densidad de la Línea.....	41
Figura 19. Mapa de la Triangulación de Delauney (a). Mapa de cuadrículas de 2800 x 2800m con sus puntos centrales de cada cuadrícula (b). Mapa de densidad de lineamientos por su longitud (c).	42
Figura 20. Mapas de distintos tamaños de cuadrículas (a). Mapa de densidad de lineamientos por fractales (b).	42
Figura 21. Histograma de la longitud de lineamientos.....	43
Figura 22. Mapa de lineamientos estructurales por orden de lineamiento.	44
Figura 23. Gráfico de sedimentación de la varianza de los componentes principales. ..	44

Figura 24. Mapa de densidad por el método de Análisis de componentes principales. .	45
Figura 25. Mapas reclasificados mediante pertenencia difusa (a). Mapa de prospectividad Fuzzy (b).....	46
Figura 26. Imagen satelital ASTER L1B.	47
Figura 27. Aplicación de máscaras sobre el área de estudio. Máscara de vegetación en color verde, máscara agua, nieve y nubes en color azul.....	48
Figura 28. Combinaciones de bandas RGB a)468, b)461 y c) 943.	49
Figura 29. Combinaciones de bandas RGB a) 4/6 4/7 3/1 y b) 4/5 4/6 4/7.....	50
Figura 30. Cociente de banda, a) $(5+7)/6$ - Alt. Fílica – Argílica. Banda b) 5 - A. Argílica. Cociente de banda c) $4/6$ – Alt. Argílica avanzada. d) $(4*2)/3$ – Zona de Gossan.	51
Figura 31. Mapa de nuevas áreas de interés en el mapa de prospectividad Fuzzy (a). Ubicación de los depósitos minerales (b).	52
Figura 32. Mapa de nuevas áreas de interés a partir de las alteraciones determinadas en las imágenes Aster.....	53
Figura 33. Falla de movimiento dextral generando en sus inflexiones zonas de apertura y cierre asociado al campo de deformación que rige su movimiento. Modificado de Twiss y Moores (2007).	54
Figura 34. a) Zonas de arcillas. b) Zonas de óxidos. c) Zonas de intersección de Arcillas y óxidos.	55
Figura 35. Mapa de prospectividad determinado por los lineamientos estructurales (a). Mapas de prospectividad determinado por las alteraciones hidrotermaltes (b). Mapa de zonas de interés determinado a partir de los dos mapas prospectivos (c).	56
Figura 36. Zonas de interés 1L-1A, 2A y 2S-3A.....	57
Figura 37. Zonas de interés 2L-5A y 3L-4A.	58
Figura 38. Zona de interés 4L-6A	59
Figura 39. Zonas de interés 5L-7A y 7L-8A.	59
Figura 40. Zona de interés 9A.	60

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Características de los subsistemas del sensor ASTER.	17
Tabla 2. Características de los niveles de imágenes ASTER.	19
Tabla 3. Tipos de alteración hidrotermal y sus ensambles mineralógicos.	23
Tabla 4. Yacimientos del área de estudio	34
Tabla 5. Componentes principales obtenido del conteo de lineamientos e intersecciones de lineamientos. (I: Intersección).	43

RESUMEN

La prospección de yacimientos minerales requiere inversiones económicas significativas y largos períodos de tiempo, lo que hace necesario optimizar las fases de exploración. En este contexto, la teledetección ha emergido como una herramienta esencial en la prospección minera moderna debido a su capacidad para reducir costos y tiempo. En el área de estudio, que incluye los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j), existen importantes yacimientos como Raura, Uchucchacua, Iscaycruz y Chungar – Animón. Por ello, se implementaron herramientas de prospección remota enfocadas en la identificación de lineamientos estructurales y zonas de alteración hidrotermal para identificar de manera preliminar nuevas áreas prospectivas.

El planteamiento del problema se centró en determinar las zonas prospectables mediante el análisis de lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales identificadas con el uso de teledetección. La metodología incluyó el uso de un modelo de elevación digital (DEM) de 12.5 m de resolución espacial, procesado con los softwares QGIS y Saga GIS. Para identificar los lineamientos estructurales, se aplicaron métodos como el de sombras combinadas y el mapa de imagen de relieve rojo (RRIM). Paralelamente, se realizó el mapeo de zonas de alteración hidrotermal mediante combinaciones RGB de bandas y cocientes de bandas de imágenes ASTER.

Los resultados principales destacaron que seis zonas de alto interés estructural, determinadas por los lineamientos estructurales, coincidieron con áreas de interés en alteraciones hidrotermales. Además, se identificaron otras dos zonas de interés por las alteraciones hidrotermales reconocidas en el estudio. Se concluyó que la efectividad del análisis de lineamientos estructurales es alta, pero debe complementarse con el análisis de zonas de alteración hidrotermal para evaluar correctamente si las estructuras son abiertas, cerradas, selladas o no selladas.

Las conclusiones indican que la teledetección facilitó un análisis integrado de lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales, permitiendo la identificación de seis zonas de alto potencial prospectivo y tres de potencial intermedio. Estas áreas presentan potencial para depósitos tipo epitermal, pórfido y Skarn, asociados a las rocas volcánicas del Grupo Calipuy y a alteraciones como fílica, argílica intermedia, avanzada y zonas de Gossan.

Finalmente, se recomienda complementar este estudio con análisis geoquímico de muestras de sedimentos fluviales disponibles para mejorar la delimitación de los objetivos identificados en este estudio.

ABSTRACT

Mineral deposit exploration requires significant economic investments and long periods of time, making it necessary to optimize exploration phases. In this context, remote sensing has emerged as an essential tool in modern mineral exploration due to its ability to reduce costs and time. The study area, which includes the Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j), and Canta (23-j) quadrangles, hosts significant deposits such as Raura, Uchucchacua, Iscaycruz, and Chungar – Animón. Therefore, remote prospecting tools were implemented, focusing on the identification of structural lineaments and hydrothermal alteration zones to validate and identify new prospective areas.

The problem statement centered on determining the prospective zones through the analysis of structural lineaments and hydrothermal alterations identified using remote sensing techniques. The methodology involved the use of a digital elevation model (DEM) with a spatial resolution of 12.5 meters, processed using QGIS and Saga GIS software. To identify the structural lineaments, methods such as combined shadows and red relief image maps (RRIM) were applied. In parallel, hydrothermal alteration zones were mapped using RGB band combinations and band ratios from ASTER images.

The main results highlighted those six areas of high structural interest, determined by the structural lineaments, coincided with areas of hydrothermal alteration interest. Additionally, two other areas of interest were identified due to the hydrothermal alterations recognized in the study. It was concluded that the effectiveness of structural lineament analysis is high, but it must be complemented with hydrothermal alteration zone analysis to correctly evaluate whether the structures are open, closed, sealed, or unsealed.

The conclusions reveal that remote sensing facilitated an integrated analysis of structural lineaments and hydrothermal alterations, allowing the identification of six high-potential prospective zones and three intermediate-potential zones. These areas show potential for epithermal, porphyry, and skarn-type deposits, associated with volcanic rocks of the Calipuy Group and alterations such as phyllic, intermediate argillic, advanced argillic, and Gossan zones.

Finally, it is recommended to complement this study with geochemical analysis of stream sediment samples available to improve the delineation of the targets identified in this study.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La prospección de yacimientos minerales implica considerables inversiones económicas y un extenso período de tiempo para evidenciar la viabilidad económica de su explotación. Por consiguiente, surge la necesidad de optimizar la fase de exploración temprana con el objetivo de reducir el área de prospección. En este contexto, la teledetección se ha posicionado, desde la década de 1980, como una herramienta de gran relevancia en la prospección minera actual debido que ayuda a sectorizar zonas de interés, ya que permite identificar y delimitar zonas de interés, contribuyendo a la reducción de costos y tiempo asociados con este proceso.

En los cuadrángulos de Yanahuanca, Oyón y Canta hay bastantes trabajos relacionados a la geología y exploración minera debido a que se encuentran yacimientos mineros importantes tales como Raura, Uchucchacua, Iscaycruz y Chungar – Animón, entre otros. Por tal motivo, se plantea el uso de herramientas de prospección remota, basadas en la identificación de lineamientos estructurales y zonas de alteración hidrotermal para identificar de manera preliminar zonas prospectables por diversos tipos de yacimientos minerales, como depósitos Skarn, epitermales, pórfidos y VMS, entre otros.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son las zonas prospectables identificadas aplicando el análisis de lineamientos estructurales y de alteraciones hidrotermales determinadas mediante el uso de la teledetección en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j)?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo se distribuyen e intersectan los lineamientos estructurales, y cuál es su relación con los yacimientos conocidos y nuevas zonas prospectables en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j)?

¿Cómo se distribuyen y asocian las alteraciones hidrotermales en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j)?

¿Cuál es la relación entre los lineamientos estructurales y las alteraciones hidrotermales con respecto a yacimientos minerales conocidos y nuevas zonas prospectables en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j)?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El uso de la teledetección en estudios de prospección minera constituye una herramienta de gran importancia, ya que facilita la delimitación de áreas de interés, lo que a su vez permite optimizar al inversionista minero tanto en los recursos económicos como el tiempo de inversión.

En la zona de estudio existe considerable potencial minero, lo cual justifica la realización de estudios prospectivos mineros.

Los resultados de este estudio constituyen una contribución en el conocimiento de los lineamientos estructurales y en el comportamiento espectral de zonas alteración hidrotermal, el cual servirá como base para estudios posteriores locales.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

Las características estratigráficas, estructurales y la presencia de yacimientos minerales importantes en el área de estudio como Raura, Uchucchacua, Iscaycruz y Chungar – Animón, nos da una idea preliminar que podrían existir nuevas zonas prospectables económicamente en el área de estudio. Al identificar lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales mediante teledetección es probable que nos permita identificar de manera preliminar zonas prospectables en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j).

1.4.2. Hipótesis específicas

La densidad e intersección de lineamientos estructurales determinados mediante la teledetección permite identificar de manera preliminar zonas prospectables en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j).

Las zonas de alteración hidrotermal determinadas mediante el uso de firmas espectrales permiten definir zonas prospectables en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j).

Las zonas prospectables determinadas mediante el análisis de lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales usando teledetección son válidos y guardan relación con depósitos conocidos y mapeos y registros de mineralización en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j), además muestran nuevas zonas disponibles como blancos de exploración con potencial de mineralización.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Definir de manera preliminar *targets* de prospección por recursos minerales a partir de lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales en el área de estudio mediante el uso de la teledetección.

1.5.2. Objetivos específicos

Identificar lineamientos estructurales mediante un modelo de elevación digital (DEM, por sus siglas en inglés) ALOS PALSAR de 12.5 m en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j).

Determinar zonas de alteraciones hidrotermales mediante el uso de firmas espectrales provenientes de imágenes espectrales ASTER en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j).

Validar las zonas prospectables por recursos minerales metálicos determinadas mediante el análisis de lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j).

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables independientes

Lineamientos estructurales.

Alteraciones hidrotermales.

Imágenes satelitales.

1.6.2. Variables dependientes

Mapa de prospectividad determinado a partir de lineamientos estructurales mediante lógica difusa de un modelo de elevación digital (DEM) ALOS PALSAR de 12.5 m.

Mapa de prospectividad determinado a partir de alteraciones hidrotermales identificadas mediante el uso de firmas espectrales provenientes de imágenes espectrales ASTER.

Zonas prospectables por recursos minerales en el área de estudio.

1.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANÁLISIS DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES Y DE ALTERACIONES HIDROTERMALES MEDIANTE EL USO DE LA TELEDETECCIÓN ENTRE LOS CUADRÁNGULOS DE YANAHUANCA (21-j), OYÓN (22-j) Y CANTA (23-j)			
PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	VARIABLES
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	
¿Cuáles son las zonas prospectables identificadas aplicando el análisis de lineamientos estructurales y de alteraciones hidrotermales determinadas mediante el uso de la teledetección en el área de estudio?	Definir de manera preliminar targets de prospección por recursos minerales a partir de lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales en el área de estudio mediante el uso de la teledetección.	Al identificar lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales mediante teledetección es probable que nos permita validar e identificar esas zonas prospectables en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j).	Variables independientes: Lineamientos estructurales. Alteraciones hidrotermales. Imágenes satelitales. Variables dependientes: Mapa de prospectividad determinado a partir de lineamientos estructurales mediante lógica difusa de un modelo de elevación digital (DEM) ALOS PALSAR de 12.5 m. Mapa de prospectividad determinado a partir de alteraciones hidrotermales identificadas mediante el uso de firmas espectrales provenientes de imágenes espectrales ASTER. Zonas prospectables por recursos minerales en el área de estudio.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	
¿Cómo se distribuyen e intersectan los lineamientos estructurales, y cuál es su relación con los yacimientos conocidos y nuevas zonas prospectables en el área de estudio?	Identificar lineamientos estructurales mediante un modelo de elevación digital (DEM) ALOS PALSAR de 12.5 m en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j).	La densidad e intersección de lineamientos estructurales determinados mediante la teledetección permite identificar zonas prospectables en el área de estudio.	
¿Cómo se distribuyen y asocian las alteraciones hidrotermales en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j)?	Determinar zonas de alteraciones hidrotermales mediante el uso de firmas espectrales provenientes de imágenes espectrales ASTER en el área de estudio.	Las zonas de alteración hidrotermal determinadas mediante el uso de firmas espectrales permiten definir zonas prospectables en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j).	
¿Cuál es la relación entre los lineamientos estructurales y las alteraciones hidrotermales determinados mediante la teledetección con respecto a yacimientos minerales conocidos y nuevas zonas prospectables en los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j), Oyón (22-j) y Canta (23-j)?	Validar las zonas prospectables por recursos minerales metálicos determinadas mediante el análisis de lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales usando la teledetección en el área de estudio.	Las zonas prospectables determinadas mediante el análisis de lineamientos estructurales y alteraciones hidrotermales usando teledetección son válidos y guardan relación con depósitos conocidos y mapeos y registros de mineralización en el área de estudio.	

1.8. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada al oeste del Perú central, entre los departamentos de Lima, Huánuco y Pasco (Figura 1). El área cubierta en la investigación es aproximada de 5823 km² abarcando el cuadrángulo de Oyón (22j) y parcialmente los cuadrángulos de Yanahuanca (21-j) y Canta (23-j).

La selección de esta área se fundamenta en la presencia de importantes yacimientos minerales, como Raura, Uchucchacua, Iscaycruz y Chungar – Animón, así como en el potencial de descubrir nuevos depósitos aún no identificados. Asimismo, su geología compleja ofrece un escenario adecuado para validar la metodología propuesta en esta investigación. Además, la disponibilidad de datos satelitales de alta calidad en la región refuerza la idoneidad de esta zona para el presente estudio.

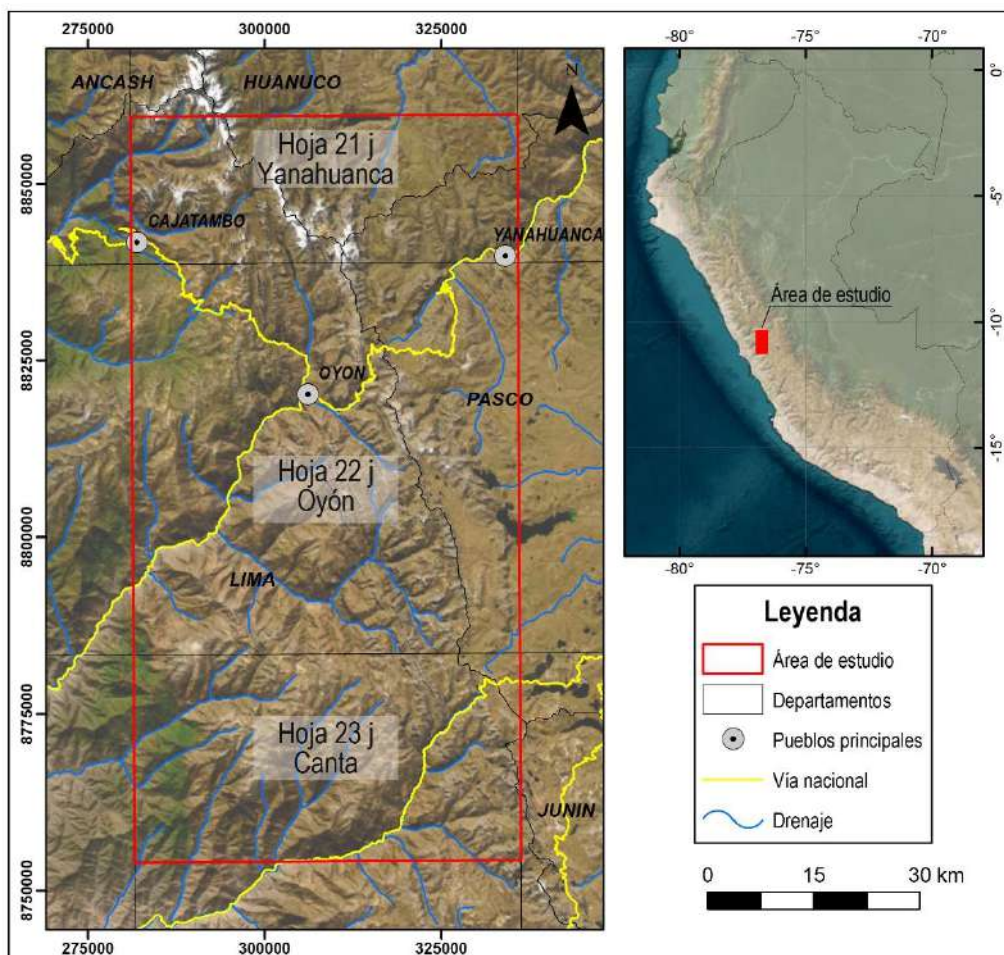


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

2. MARCO TEÓRICO

2.1. TELEDETECCIÓN

El término teledetección surge como una traducción de “*remote sensing*”. Su origen se remonta a principios de la década de 1960 y hace referencia a cualquier técnica utilizada para la observación remota del medio u objeto a estudiar.

La teledetección, también conocida como *Remote Sensing*, consiste en la disciplina científica y técnica que permite recopilar información sobre objetos, zonas o fenómenos sin necesidad de contacto físico con ellos. Para ello, se emplean instrumentos especializados llamados sensores, capaces de capturar características espectrales (relacionadas con la radiación) y espaciales (distribución geográfica) desde largas distancias. Estos datos son posteriormente procesados, analizados e interpretados para extraer conocimientos relevantes sobre el elemento estudiado. Según Lilesan y Kiefer (1994), esta metodología se basa en la capacidad tecnológica de registrar y analizar propiedades a través de dispositivos remotos, lo que facilita la investigación en diversas áreas.

Existen numerosas aplicaciones en las que los sensores pueden ser empleados para generar información detallada sobre materiales y objetos en la superficie terrestre. Estas aplicaciones abarcan diversos campos como la exploración de petróleo, el monitoreo de recursos marinos, la agricultura, la preservación del medio ambiente, la minería, la geología, entre otros.

Los sensores remotos utilizan una fuente de energía para registrar datos de superficie terrestre, que son las distribuciones de energía del “Espectro Electromagnético” debido a las características de la superficie terrestre (Sabins, 1987).

Los sensores remotos son instrumentos que pueden instalarse en plataformas espaciales, como satélites, o ser transportados por aeronaves. Estas particularidades definen la precisión espacial y espectral de los dispositivos, produciendo información diversa que se utiliza para crear mapas, evaluar o vigilar recursos naturales, e incluso analizar la composición química de elementos en la superficie terrestre (Loughlin, 1991).

2.2. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

El modelo digital de elevación (DEM) es un modelo superficial continuo usualmente en 2.5D, el cual consiste en valores de elevación que describen la superficie topográfica (Podobnikar, 2016). Los DEMs son una representación cuantitativa y matemática de la superficie de la tierra (Hyann et al., 2016), actualmente se ha convertido en uno de los productos más usados para el modelamiento de la superficie (Patel et al., 2016).

Los DEMs han llegado a ser la principal fuente de información topográfica (Florinsky, 2012). Además, constituyeron una de las primeras formas de información geográfica digital disponibles y son extensamente utilizados en la práctica. Estos modelos están estrechamente ligados a los conceptos matemáticos relacionados con el modelado de superficies y representan un fenómeno tangible y directamente observable (Fisher & Tate, 2006).

2.3. LIDAR

El LiDAR (Light Detection and Ranging) es una tecnología de teledetección que utiliza láseres para medir distancias precisas desde un sensor hacia una superficie u objeto (Shan & Toth, 2009). Esta tecnología se ha utilizado ampliamente en diversas industrias, incluyendo la minería, la geología, y la planificación territorial. En Perú, el LiDAR ha sido implementado en varios proyectos, especialmente en el ámbito de la minería y la cartografía, aunque su uso aún no es tan extendido como en otros países. Sin embargo, cada vez más empresas mineras y gubernamentales están adoptando esta tecnología debido a los beneficios que ofrece para el análisis topográfico y la planificación minera.

En la industria minera, el LiDAR se utiliza para:

- Exploración y planificación: El LiDAR permite obtener mapas topográficos precisos que ayudan a identificar áreas de interés para exploración.
- Modelado de terreno: Facilita la creación de modelos digitales del terreno (DTM), útiles para evaluar zonas de explotación y calcular volúmenes de material.
- Monitoreo de operaciones: Se utiliza para hacer seguimiento de minas a cielo abierto, túneles y otros espacios, reduciendo los riesgos para el personal.
- Prevención de riesgos: Ayuda a identificar riesgos geotécnicos, como deslizamientos de tierra, que podrían afectar la seguridad de las operaciones (Slob & Turner, 2017).

El LiDAR ha mejorado la eficiencia económica en la minería al: Reducir los costos: Al proporcionar datos precisos sobre el terreno, se evitan exploraciones innecesarias y se optimizan las rutas de transporte. Aumentar la precisión: Reduce la incertidumbre en la planificación y ejecución de los proyectos mineros, lo que disminuye el riesgo de errores costosos. Mejorar la toma de decisiones: Con información detallada sobre el terreno, las empresas pueden tomar decisiones más informadas sobre dónde y cómo realizar las explotaciones mineras (Miller & Zerbini, 2015).

2.4. TÉCNICAS DE SOMBRAS COMBINADAS

Esta técnica consiste en la generación de doce imágenes ráster sombreadas a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM). La primera imagen, de relieve sombreado, se iluminó desde el norte, correspondiente a un azimut solar de 0° y una inclinación solar de 45°. Para las restantes siete imágenes de relieve sombreado, se mantuvo la misma

inclinación solar y se variaron las direcciones de iluminación, que incluyen ángulos de 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315°. Los valores de iluminación e inclinación del azimut tienden a ocultar o resaltar las características morfológicas en una imagen sombreada, dependiendo de su orientación con respecto a la fuente de luz simulada (Solano et al., 2020; Radaideh et al., 2016). Estas imágenes combinadas resaltan lineamientos y características topográficas con una variedad de direcciones, que no sería visible si solo se usara una imagen sombreada en determinada dirección. Las primeras cuatro imágenes en relieve sombreadas fueron superpuestas y combinadas para producir una imagen con direcciones de iluminación múltiple (0°, 45°, 90° y 135°-Combinación 1), de manera análoga, las cuatro imágenes restantes (180°, 225°, 270° y 315°) fueron procesadas de forma similar para producir la Combinación 2, como se ilustra en la Figura 2.

2.5. TÉCNICA DE IMAGEN EN RELIEVE ROJO

La imagen en relieve rojo, conocida como RRIM (Red Relief Image Map) en inglés, se obtiene mediante la multiplicación de tres capas de elementos de relieve:

- Pendiente topográfica
- Apertura positiva
- Apertura negativa

Yokoyama et al. (2002) han establecido las definiciones de apertura positiva y negativa. La apertura negativa indica la concavidad de una superficie, mientras que la apertura positiva denota su convexidad. En un valle, la apertura negativa alcanza valores superiores, mientras que, en la cima de una montaña, la apertura positiva alcanza valores más altos. La parte principal de RRIM es la definición de un nuevo parámetro calculado a partir de dos parámetros de apertura, índice de apertura (I), como se muestra a continuación.

$$I = (O_p - O_n) / 2$$

Donde O_p es apertura positiva, O_n es apertura negativa.

El parámetro anterior desestima eficientemente la dependencia de la dirección de la luz incidente como en la imagen en relieve sombreada y expresa la convexidad y la concavidad al mismo tiempo. Porque las características topográficas convexas tienen un valor alto y las características topográficas cóncavas tienen valores bajos en la definición anterior. En el RRIM, el índice anterior se expresa mediante una capa de imagen en escala de grises y la pendiente topográfica es una capa de color rojo. Esta imagen de varias capas muestra la concavidad y la convexidad de la superficie sin luz incidente. El color rojo tiene el tono más rico para los ojos humanos, especialmente en el espacio de color orientado a la computadora. Cabe señalar que el RRIM representa de manera efectiva características de la superficie de terreno a gran escala, así como una estructura fina al mismo tiempo, en una amplia variedad de situaciones topográficas (Chiba et al., 2008).

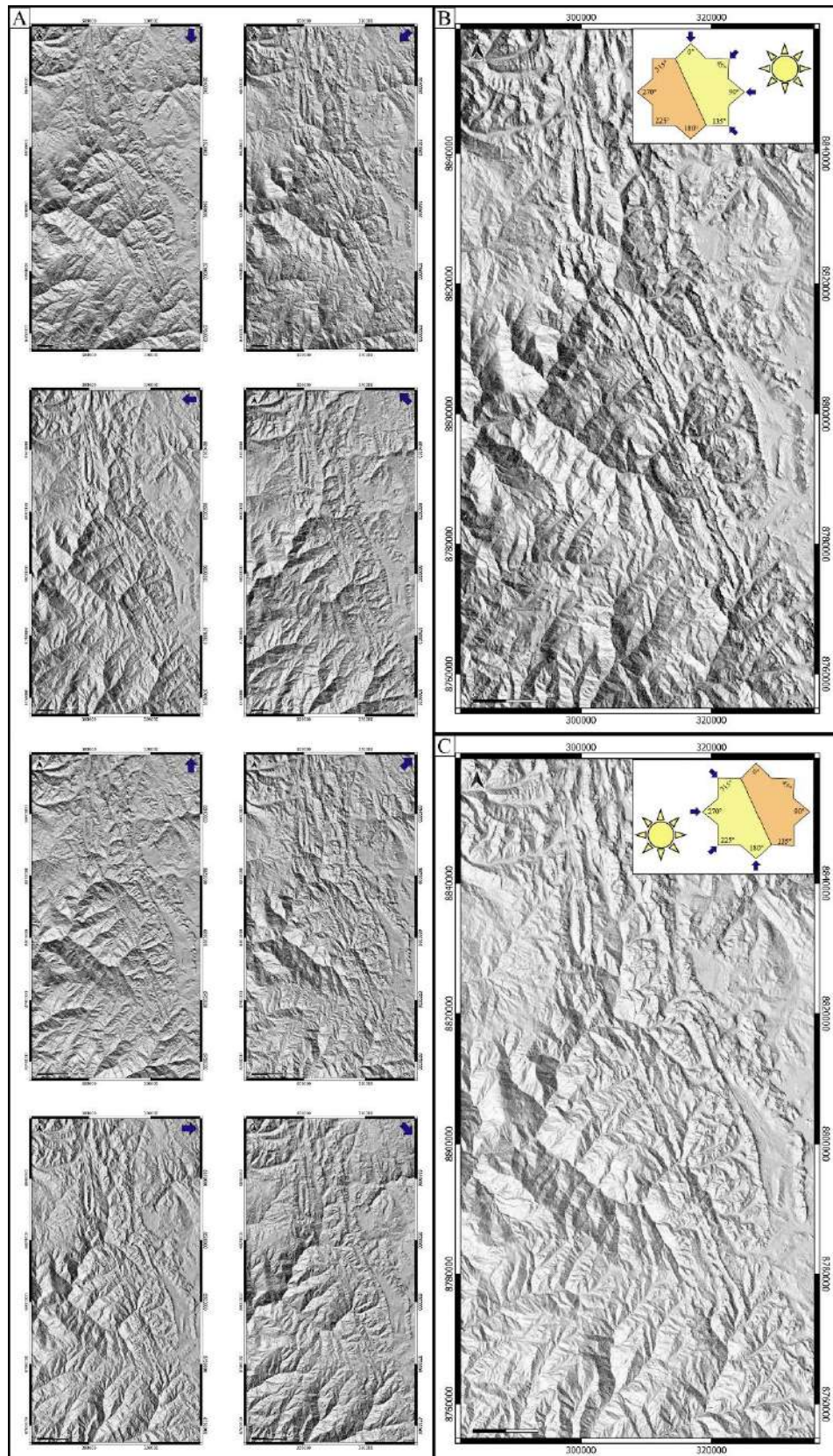


Figura 2. Ocho imágenes ráster sombreadas con una caída de luz constante de 45° y variación de azimuth de luz cada 45° (A). Imágenes con iluminación múltiple que resultó de la combinación de imágenes sombreadas: la combinación 1 incluye imágenes sombreadas de 0° - 135° (B) y la combinación 2 incluye imágenes sombreadas de 180° a 315° (C).

El RRIM no incluye información sobre la elevación y dirección de la pendiente, pero se puede hacer uso de curvas de nivel para complementar esa información y la haría más eficiente (Özpolat et al., 2020) como se observa en la Figura 3, donde muestra el procedimiento de producción de RRIM y sus elementos de relieve.

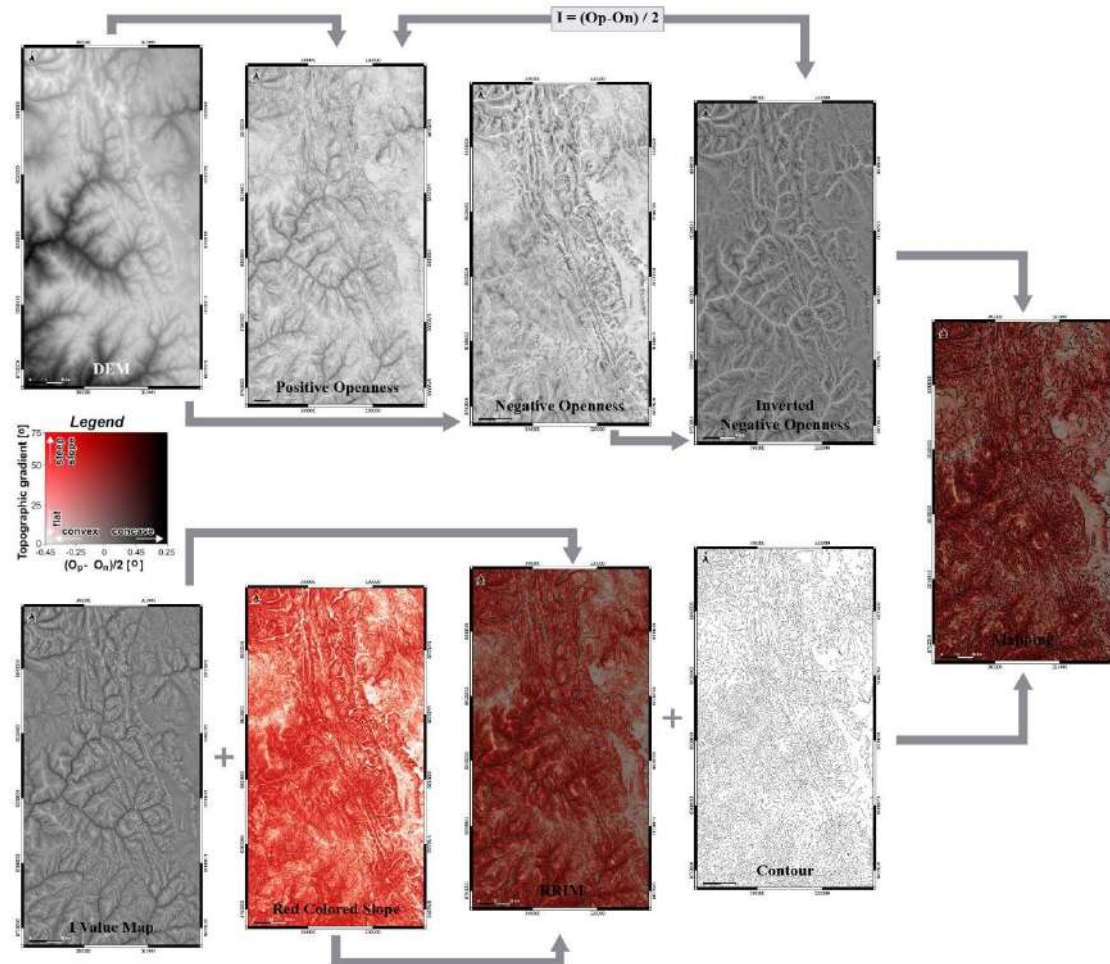


Figura 2. Pasos de producción de Red Relief Image Map (RRIM) propuestos por Chiba et al. (2008).

2.6. LINEAMIENTOS

Un lineamiento estructural se define como cualquier característica lineal cartografiable, simple o compuesta de la superficie de la tierra, cuyas partes están alineadas en estructuras coherentes rectilíneas o ligeramente curvilíneas caracterizadas por patrones distintos de las características adyacentes y presumiblemente refleja un fenómeno bajo la superficie (O'leary et al., 2016).

Los lineamientos se separan genéticamente en tres tipos de lineamientos (Ahmadi & Pekkan, 2021):

- Lineamientos geológicos - estructurales.

- Lineamientos geomorfológicos o topográficos
- Pseudolineamientos, hechos por el hombre o no geológicos.

Las características lineales de la superficie terrestre (rectilíneas o curvilíneas) causadas por actividades tectónicas son fallas, fracturas, diaclasas o límites litológicos, y se denominan lineamientos geológicos. Los lineamientos topográficos son causados por procesos geomorfológicos, como sistemas de drenaje y crestas. Las características pseudo o creadas por el hombre son carreteras, vías férreas, límites de campos de cultivo o cualquier variación en los patrones de uso de la tierra.

Los lineamientos estructurales se extraen de la siguiente manera:

- Extracción Manual.
- Extracción semiautomatizada.
- Extracción automatizada.

La extracción manual se realiza mediante interpretación visual de operadores humanos y es muy adecuada para la evaluación espacial, este se aplica cuando el objetivo principal es delimitar las características geológicas (Das et al., 2018) y el resultado depende de las habilidades del analista. La extracción semiautomática es el proceso de detección de lineamientos basado en algunas técnicas de análisis de imágenes digitales e interpretación visual; una vez que se realizan el procesamiento previo y la mejora, los lineamientos se extraen mediante el análisis de imágenes digitales y, de alguna manera, el usuario también realiza la edición manual de los lineamientos detectados (Jordán & Schott, 2005). La extracción automatizada se realiza mediante un software asistido por computadora, el procesamiento automatizado incluye mejora, de las imágenes a usar y, finalmente, extracción de lineamientos.

2.7. DENSIDAD DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

La densidad de lineamientos estructurales es representada como un mapa temático cuantitativo a partir de líneas o puntos que representan un atributo numérico que se obtiene de las características de los lineamientos estructurales. Este mapa de densidad de lineamientos estructurales nos representa la intensidad de esos atributos.

Se tiene varios métodos para realizar esta densidad de lineamientos, pero en este estudio se van a realizar 4 métodos:

- Densidad de la Línea (Peso e influencia).
- Densidad por la longitud del lineamiento.
- Densidad por Fractales (Análisis fractal de conteo de cajas).
- Densidad por Análisis de componentes principales.

2.7.1. Densidad de la línea (peso e influencia)

Esta metodología de interpolación de densidad de línea calcula una medida de densidad de entidades lineales que se obtiene en una vecindad circular dentro de cada celda ráster. Primero, la longitud del segmento de cada línea que cruza la vecindad circular se multiplica por el factor de peso de las líneas. En un segundo paso, todos los valores de longitud se suman y se dividen por el área de la vecindad circular. Este proceso se repite para todas las celdas de escaneo. Se puede aplicar un factor de ponderación o peso a los segmentos de línea y resalta las zonas de intersección. Esta metodología es generada de manera automática mediante un algoritmo por el software Qgis.

2.7.2. Densidad por la longitud del lineamiento

Para realizar este método se define un tamaño de cuadrícula. De acuerdo con el tamaño de cuadrícula, va a ver una influencia en el gráfico de densidad (Casas et al., 2000). Para evitar de alguna manera ese sesgo, se usa el tamaño mínimo de cuadrícula que se puede calcular mediante triangulación de Delauney (Figura 4). Cada línea está representada por su punto central, que se utiliza para calcular la triangulación entre líneas. La distancia media se define como la media aritmética de la longitud de los lados de cada triángulo $((a + b + c) / 3)$.

Una vez que se tiene el tamaño de la cuadrícula óptima, como se explicó anteriormente, se calcula el punto central de cada cuadrícula y la longitud de los lineamientos que se encuentran en cada cuadrícula va a ser el atributo que va a tener cada punto medio de la cuadrícula. A partir de estos puntos, con el atributo de la longitud se elabora el mapa de densidad de lineamientos estructurales.

2.7.3. Densidad por fractales (análisis fractal de conteo de cajas)

Un patrón “fractal” tiene una característica exclusiva de autosimilitud que consiste en partes que son más o menos similares al patrón completo en algunos atributos geométricos (por ejemplo, forma, longitud o densidad). Esta invariancia de escala se puede representar mediante un tipo de ley de potencia de relación proporcional entre una medida y su escala (Mandelbrot, 1977).

En este método, el área de estudio que presenta restricciones geológicas se cubre con una cuadrícula o ráster que comprende casillas cuadradas o celdas con una longitud de lado r , y luego se cuenta el número $N(r)$ de esas casillas que contienen partes de características geológicas (Figura 5a).

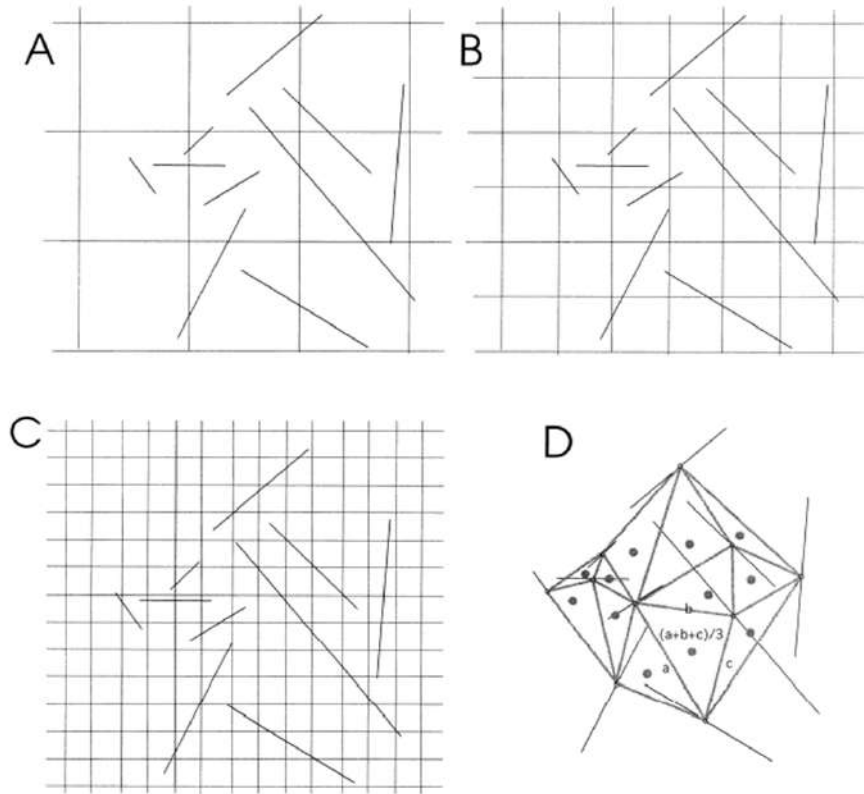


Figura 3. Influencia del tamaño de la celda en el mapa de densidad (A, B y C) y el tamaño mínimo de celda se puede calcular mediante triangulación de Delauney (D). Tomado de Sáinz et al. (2000).

El proceso anterior se repite usando un tamaño diferente r para obtener un número de caja correspondiente $N(r)$ (Figura 5b y 5c). Si el patrón bajo análisis es un patrón fractal, la relación entre $N(r)$ y r debe seguir una función de ley de potencia, que se puede expresar como (Mandelbrot, 1977):

$$N(r) \propto Ar^{-D}$$

Donde D es la dimensión fractal de conteo de cajas (D_B), y A es una constante. En la práctica, se traza una gráfica de $\log(N(r))$ frente a $\log(r)$ y se dibuja la línea de regresión que mejor se ajusta usando el método de mínimos cuadrados, mientras que la pendiente de la línea de regresión representa la dimensión fractal del conteo de cajas (Figura 5d).

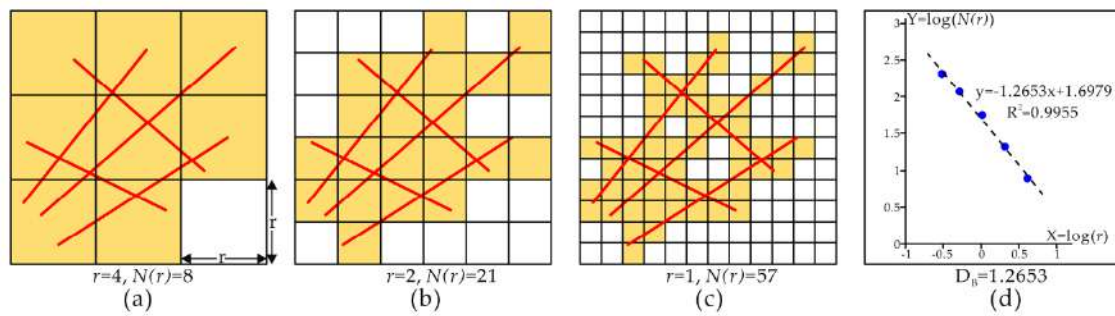


Figura 4. Diagrama esquemático del método de conteo de cajas para medir un patrón lineal fractal: (a) 8 cajas que contienen partes de líneas objetivo con tamaño de caja $r = 4$; (b) 21 cajas contadas con tamaño de caja $r = 2$; (c) 57 cajas contadas con tamaño de caja $r = 1$; y (d) gráfico logarítmico que revela la relación de la ley de potencia del número de caja contada $N(r)$ y el tamaño de la caja r , obteniendo la dimensión fractal de conteo de cajas $D_B = 1.2653$. Tomado de Sun et al., (2017).

2.7.4. Densidad por análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística multivariada que ha sido usada en estudios exploratorios. Define y explica la varianza en un gran conjunto de datos al indicar las asociaciones dentro de un conjunto de datos y, por lo tanto, reduce la dimensionalidad al obtener los valores y los vectores propios de las observaciones originales, que relaciona las observaciones con ciertos factores (Ravikumar & Somashekar, 2017).

Los datos que se usaron para realizar el análisis de componentes principales son:

- Conteo de lineamiento por tipo de lineamiento.
- Conteo de intersección de lineamientos por tipo de lineamiento.

Ese conteo se realiza de acuerdo con la cuadrícula que se genere y se usa el componente principal con más de 15% de varianza.

2.8. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR ASTER

El sensor ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) fue desarrollado mediante una colaboración entre la NASA (Estados Unidos) y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI). Con el apoyo de equipos científicos de ambas naciones, la NASA llevó a cabo el lanzamiento del satélite TERRA, el cual incorporaba este dispositivo, el 18 de diciembre de 1999.

ASTER tiene la capacidad de adquirir hasta 650 escenas por día, teniendo una cobertura total del globo terráqueo; dichas escenas tienen un ancho de barrido de 60x60 Km, las cuales son captadas a una altura de 705 Km.

Como parte del procesamiento, las escenas se dividen en varios niveles. Inicialmente, al ser recibidas en la estación, se encuentran en la fase base (nivel 0). A través de métodos especializados, estas llegan al nivel 1A, mientras que entre 200 y 300 alcanzan el nivel 1B, donde se optimizan para su comercialización. Una vez en este último nivel, las escenas se distribuyen junto con sus datos asociados en formato HDF, los cuales permiten el análisis de la información recolecta. Cada 16 días, se revisan y capturan los datos multiespectrales del satélite.

Resolución

Generalmente, el término resolución suele asociarse con la precisión y nitidez de una imagen. Sin embargo, en el ámbito de los sensores remotos, este concepto adquiere un alcance más amplio, puesto que la capacidad resolutive de dichos dispositivos está determinada por las características técnicas de sus componentes integrados.

a. Resolución espacial

La resolución espacial corresponde al elemento más pequeño detectable por un sensor, generalmente conocido como píxel. Este concepto se refiere a la capacidad del dispositivo para distinguir objetos de dimensiones reducidas en una imagen. En contextos técnicos, también se utilizan términos especializados como *effective resolution element* (ERE) o *effective instantaneous field of view* (EIFOV), conceptos desarrollados por Townshend en 1981.

La relación entre el tamaño del píxel y la resolución es inversa: cuanto menor sea el área representada por un píxel, mayor será la precisión espacial. Esto se debe a que un píxel pequeño abarca una porción más específica del terreno, reduciendo la mezcla de datos provenientes de áreas adyacentes y permitiendo capturar detalles más finos.

b. Resolución radiométrica

Se refiere a la capacidad de un sensor para distinguir diferencias en la energía lumínica (radiancia espectral) que capta. Esta capacidad se cuantifica mediante bits. Por ejemplo, en las imágenes del sensor ASTER, la resolución radiométrica es de 8 bits ($2^8 = 256$ niveles), lo que implica que los valores de sus píxeles oscilan entre 0 y 255. Esto permite desglosar la intensidad total de la energía registrada en 256 matices distintos dentro de una escala de grises, facilitando una representación detallada de las variaciones lumínicas

c. Resolución temporal

Se refiere a la frecuencia con la que un sensor obtiene imágenes de una misma área geográfica. Por ejemplo, el sensor ASTER tiene una resolución temporal de 16 días, lo que significa que puede capturar imágenes de una zona específica cada dos semanas. Sin embargo, este intervalo puede reducirse hasta tres días en casos que requieran una

observación más recurrente, permitiendo adaptarse a necesidades específicas de monitoreo o análisis.

d. Resolución espectral

Este concepto alude a la cantidad y amplitud de las bandas espectrales que un sensor es capaz de diferenciar. Una mayor resolución se logra cuando las bandas son de menor ancho y numerosas, ya que esto permite identificar con precisión información espectral única en cada rango. Por ejemplo, el sensor ASTER posee 14 bandas espectrales, lo que facilita la distinción directa entre distintas litologías y mineralogías. En contraste, el Landsat TM 7, con solo 7 bandas, no alcanza un nivel de detalle suficiente para realizar clasificaciones específicas.

Las 14 bandas de ASTER están divididas en 3 subsistemas, que abarcan regiones del espectro electromagnético, los cuales se detallan a continuación:

Subsistema Infrarrojo visible y cercano (VNIR).

Este sistema detecta las señales espectrales asociadas a metales de transición, como el hierro y ciertos elementos de tierras raras. Opera mediante tres bandas espectrales que capturan imágenes en dirección vertical, conocida como vista Nadir (3N). Además, incorpora un telescopio secundario que habilita una vista Backward (3B) o "hacia atrás", permitiendo la generación de imágenes estereoscópicas. Estas imágenes facilitan la creación de Modelos Digitales de Elevación (DEM) y la producción de ortoimágenes, herramientas esenciales en cartografía y aplicaciones geológicas, como la identificación de lineamientos estructurales. Su resolución espacial es de 15 metros.

Subsistema Infrarrojo de onda corta (SWIR).

Este subsistema detecta las vibraciones moleculares asociadas a hidratos, hidróxidos (como los de aluminio, hierro y magnesio) y carbonatos. Opera mediante seis bandas espectrales situadas en la región del infrarrojo de onda corta del espectro electromagnético, posicionadas para captar longitudes de onda específicas de absorción mineral. Estas bandas permiten diferenciar tres tipos principales de alteración: ácida, intermedia y propilítica, identificables por sus picos característicos en 2,165 μm , 2,209 μm y 2,360 μm , respectivamente. Esta tecnología es clave en sensores hiperespectrales para el mapeo de zonas mineralizadas, ofreciendo una herramienta esencial en geología y exploración de recursos. Su resolución espacial es de 30 metros.

Subsistema Termal de la onda corta (TIR).

Este subsistema se enfoca en detectar los picos de absorción de los minerales primarios que componen las rocas, ubicados en esta región del espectro. Cuenta con cinco bandas espectrales diseñadas para captar las firmas moleculares de los silicatos. Además, es clave

en aplicaciones como el monitoreo de temperaturas superficiales y emisiones de gases, para lo cual se prioriza la captura de imágenes nocturnas. Esto evita la interferencia causada por la reflexión de la luz solar, asegurando datos más precisos. Su resolución espacial es de 90 metros, proporcionando una cobertura amplia para estudios a escala regional.

En la Tabla 1 se resume los rangos espectrales y resolución espacial de las bandas en los tres subsistemas del sensor.

Subsistema	Numero de Bandas	Rango Espectral (micrometros)	Resolución Espacial (m)
VNIR	1	0.52-0.60	15
	2	0.63-0.69	
	3N	0.76-0.86	
	3B	0.76-0.87	
SWIR	4	1.60-1.70	30
	5	2.145-2.185	
	6	2.185-2.225	
	7	2.235-2.285	
	8	2.295-2.365	
	9	2.360-2.430	
TIR	10	8.125-8.475	90
	11	8.475-8.825	
	12	8.925-9.275	
	13	10.25-10.95	
	14	10.95-11.65	

Tabla 1. Características de los subsistemas del sensor ASTER.

Nivel de data.

La información generada por el sensor ASTER se organiza en distintos niveles, categorizados según el grado de procesamiento aplicado. Estos niveles se identifican con la letra "L" (del inglés *level*), acompañada de un número, como por ejemplo **L1**. Además, dentro de esta clasificación existen subniveles específicos: **1A**, **1B** y **3B**.

a. Nivel 1A.

Este nivel corresponde a la reconstrucción de los datos brutos en su máxima resolución, sin procesamiento aplicado. Incluye archivos complementarios con información esencial, como las efemérides de posicionamiento del satélite y una tabla con coeficientes para la calibración radiométrica y corrección geométrica. Además, incorpora metadatos como el porcentaje de nubosidad y humedad, los cuales se registran sin alterar los valores

originales de la imagen. Todas las capturas obtenidas por el sensor ASTER son procesadas inicialmente bajo este nivel (L1A).

Las principales etapas de las operaciones de procesamiento de datos de nivel L0 a L1A, pueden resumirse en seis pasos.

- El sensor transmite el Nivel-0 a través de los datos de seguimiento del satélite de retransmisión de datos y del sistema (TDRSS), a estaciones receptoras terrestres en White Sands, Nuevo México en los EE. UU.
- La adquisición de información de todo un día de imágenes es procesada o genera en Japón, en ASTER GDS con aportaciones de Estados Unidos y es enviada al centro de operaciones de EOS.

GDS procesa imágenes L0 a L0A, lo cual incluye:

- Desempacar el Nivel-0 de datos, que como su nombre lo dice es el instrumento que tiene función de recuperar la fuente de datos; utilizando un contador secuencial, con datos de cabecera principal, que incluyen datos de tiempo que se encuentran en la cabecera secundaria.
- Demultiplicar fuente de datos que se usa para separar los datos de la imagen en bandas espectrales en formato BSQ. Cada grupo de data (VNIR, SWIR, TIR) contiene información acerca de las imágenes y datos complementarios del sensor y otros datos auxiliares.
- Realineamiento de los datos gráficos de los subsistemas SWIR y TIR, datos de reajuste para compensar el error producido por la paralaje del detector para estos subsistemas, que se corrige con una combinación de imágenes de correlación y métodos de DEM.

b. Nivel 1B

Es generado aplicando esos coeficientes del archivo auxiliar, no así en el suplementario.

- Transformación de coordenadas mediante la identificación de los puntos de observación en coordenadas de latitud y longitud en la superficie terrestre definida por el modelo WGS84 Tierra; usando la información de los datos complementarios.
- La calibración radiométrica, consiste en compensar la información y sensibilidad de los coeficientes a partir de una base de datos de todos los sensores, utilizando valores reales y se actualizan periódicamente.

c. Nivel 3A

Las imágenes en este nivel integran las correcciones aplicadas en los niveles L1A y L1B, sumando un proceso de ortorrectificación. Este último ajusta las distorsiones generadas por las variaciones topográficas del terreno y la inclinación del sensor, factores que alteran la representación de las distancias en la imagen (Tabla 2). La magnitud de la distorsión aumenta en áreas con mayor diversidad topográfica. Para corregir estos efectos con precisión, se emplean Modelos Digitales de Elevación (DEM) de distintas resoluciones: 15 m, 30 m y 90 m.

IMAGEN ASTER	Nivel 1A	Nivel 1B	Nivel 3A
Calibración Radiométrica	X	✓	✓
Georeferenciada	X	✓	✓
Modelo elevación digital (DEM)	X	X	✓

Tabla 2. Características de los niveles de imágenes ASTER.

La presencia de la atmósfera entre el sensor y el objeto de estudio introduce distorsiones que alteran la calidad de los datos capturados. Por ello, es fundamental aplicar ajustes para mitigar estas interferencias antes de realizar cualquier análisis

2.9. PROCESAMIENTOS DE IMÁGENES SATELITALES ASTER

Se han desarrollado diversas metodologías para identificar rasgos específicos de la superficie terrestre en imágenes obtenidas mediante sensores remotos. Estas técnicas permiten optimizar la interpretación de datos geográficos y ambientales. En la actualidad, existen múltiples herramientas y software especializados que facilitan el análisis y procesamiento de este tipo de imágenes, adaptándose a necesidades técnicas y científicas variadas (Rodríguez, 2008).

2.9.1. Corrección Geométrica.

Este proceso se implementa en imágenes satelitales ASTER de nivel L1A y tiene como objetivo garantizar la precisión espacial de los datos. Consiste en asignar coordenadas geográficas (x, y) a cada píxel de la imagen, lo que permite ubicarla en un sistema de referencia específico. Además, se ajustan las distorsiones causadas por la altitud del

terreno respecto al nivel del mar y se proyectan los datos sobre un plano de referencia estandarizado, como un Datum, utilizando sistemas de coordenadas UTM o Geográficas.

2.9.2. Corrección Radiométrica.

El sensor del satélite, ubicado a aproximadamente 705 km de altura, registra una respuesta radiométrica alterada debido a la interacción de la radiación con la atmósfera durante su trayecto hacia el espacio. Entre los efectos atmosféricos más relevantes se encuentra la dispersión de Rayleigh, causada por moléculas de gases, la cual influye principalmente en las longitudes de onda visibles e infrarrojas cercanas. Adicionalmente, la presencia de aerosoles (partículas de tamaño similar a las longitudes de onda) genera dispersión esporádica, observable principalmente en días con baja nubosidad (Mamani, 2017).

Para aproximar los valores registrados por el sensor a las condiciones reales de la superficie terrestre, se emplean métodos que calculan la radiancia espectral en el sensor y luego corrigen o minimizan los efectos de dispersión atmosférica.

2.9.3. Corrección Atmosférica.

Este proceso busca ajustar la radiación reflejada por una superficie para determinar la reflectancia real de los objetos, eliminando la influencia atmosférica. Al hacerlo, se obtienen valores de reflectancia relativa en la imagen, lo que permite identificar con precisión los picos de absorción espectral en cada banda (Rodríguez, 2008).

Estas correcciones deben ejecutarse mediante programas especializados en procesamiento de imágenes satelitales multiespectrales o hiperespectrales. El procedimiento implica transformar los niveles digitales brutos en valores de reflectancia mediante algoritmos matemáticos complejos, integrando ajustes radiométricos y atmosféricos para garantizar la precisión de los datos.

2.9.4. Realce Espectral.

Cocientes de Bandas.

Los cocientes de bandas es una técnica que se ha utilizado durante muchos años en teledetección para mostrar variaciones espectrales efectivas. Se usa para realzar información mejorando las diferencias espectrales entre bandas de tal forma que se pueda identificar los materiales que se están mapeando (Ruiz & Prol, 1995). Esta técnica se basa en la división del valor de una banda por el valor de otra banda creando una imagen que equipara intensidades de bandas contiguas. En el numerador se encuentra la banda con el rasgo de alta reflectancia y en el denominador el de alta absorbancia (Elizalde J., 2016). Estas técnicas se fundamentan en la interrelación entre la composición de los materiales

presentes en la escena y su firma espectral distintiva dentro de las diferentes bandas que integran la imagen (Sojdehee et al., 2016).

Una ventaja clave de este método radica en que las relaciones espectrales permanecen invariables, independientemente de las condiciones de iluminación, lo que se traduce en la eliminación de la distorsión topográfica. Adicionalmente, al combinar índices espectrales en una composición RGB, es posible sintetizar información de hasta seis bandas en una única imagen. Esta técnica no solo minimiza la influencia de la vegetación, sino que también enfatiza las alteraciones asociadas a minerales ferruginosos, optimizando su detección y análisis (Riaza, 1992).

Combinación de Bandas.

La representación visual de imágenes satelitales resulta más eficaz mediante composiciones en color, ya que el sistema visual humano detecta con mayor facilidad variaciones cromáticas que matices en escala de grises. La fusión de bandas espectrales permite generar composiciones en color real o falso color, según las longitudes de onda seleccionadas. Este método posibilita integrar datos de diversas zonas espectrales en una sola visualización, lo que mejora la identificación de coberturas terrestres mediante contrastes claros. La selección de bandas y su asignación cromática varían según el tipo de sensor empleado y los objetivos específicos del estudio, como análisis ambientales o cartográficos (Ramos, 2019).

Análisis de Componentes Principales (PCA).

Esta técnica utiliza la transformación de componentes principales para reducir la dimensionalidad de datos multispectrales correlacionados y hace posible reducir la información a un número de variables más limitado que el inicial, proyectando las variables en un nuevo espacio geométrico y buscando nuevos ejes (Pour & Hashim, 2011). La varianza estadística en imágenes multispectrales está relacionada con la respuesta espectral de materiales superficiales como rocas, suelos y vegetación, así como por la dimensionalidad estadística de los datos de la imagen (Loughlin, 1991).

Desde el punto de vista estadístico, el PCA facilita la interpretación de los ejes de variabilidad de las bandas de la imagen multispectral identificando aquellos atributos que se obtienen en mayor parte de las bandas y otros que son específicos de grupo de ellas (Chuvieco, 1996).

Mapecto por el ángulo espectral (SAM).

El método SAM es una técnica de comparación automática que utiliza el coeficiente de similitud angular ($\cos \theta$) para evaluar las diferencias entre las firmas espectrales de referencia y las presentes en una imagen satelital. El ángulo θ varía entre 0° (máxima similitud, $\cos \theta = 1$) y 90° (sin similitud, $\cos \theta = 0$). Este algoritmo interpreta los espectros

como vectores en un espacio n-dimensional, donde “n” corresponde al número de bandas analizadas. Cada vector tiene una dirección única y una magnitud proporcional a la intensidad de la iluminación solar recibida. La clasificación mediante SAM se fundamenta en el cálculo del ángulo formado entre los vectores espectrales de la imagen y los vectores de referencia predefinidos, priorizando así las diferencias angulares sobre las variaciones de magnitud, lo que lo hace robusto frente a cambios en la iluminación (Mather, 2011). La fórmula que emplea el algoritmo es la siguiente:

$$\cos(\theta) = \frac{\sum_{i=1}^N r_i t_i}{(\sum_{i=1}^N r_i^2)^{0.5} (\sum_{i=1}^N t_i^2)^{0.5}}$$

Donde:

θ : Ángulo comprendido entre los vectores.

n: Número de bandas.

r: Vector de referencia.

t: Vector de la escena.

2.10. ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

La alteración hidrotermal es un proceso de transformación química y mineralógica que ocurre cuando fluidos calientes interactúan con la roca circundante. Esta interacción genera cambios en la composición de la roca debido a un desequilibrio termodinámico entre el fluido y el material original, lo que favorece la formación de asociaciones minerales específicas. Este fenómeno se clasifica como un tipo de metasomatismo, ya que implica la modificación de la roca en un sistema termodinámico abierto, donde hay transferencia activa de componentes químicos (Townley, 2001).

En la naturaleza, existen varios tipos de alteración hidrotermal, cada una definida por conjuntos minerales particulares. La diversidad en los tipos e intensidad de estas alteraciones depende de factores como: la composición química del fluido hidrotermal, las características de la roca huésped, la temperatura, el pH, el potencial redox (Eh), la proporción agua-roca y la duración de la interacción, entre otros parámetros ambientales (Townley, 2001).

Tipos de alteraciones.

Los tipos de alteración hidrotermal más comunes y sus respectivas asociaciones mineralógicas (Tabla 3) fueron tomados de Townley (2001).

2.11. LÓGICA DIFUSA

A principios de los años 90, investigadores como Wang et al. (1990) señalaron que los métodos tradicionales para representar información geográfica resultaban limitados, debido a su incapacidad para manejar imprecisiones. Esta rigidez, basada en la teoría clásica de conjuntos (que define la membresía de un elemento como "pertenece" o "no pertenece"), generaba pérdida de datos y errores en los análisis. Para abordar este problema, propusieron adoptar un enfoque alternativo inspirado en la Lógica Difusa (LD), el cual permite grados de pertenencia intermedios, facilitando el manejo de incertidumbres en sistemas de información geográfica (SIG).

La Lógica Difusa, descrita por Cox (1994), ofrece un marco para simplificar y explicar sistemas complejos. A diferencia de la probabilidad, que se fundamenta en distribuciones estadísticas, la LD evalúa la compatibilidad de un elemento con categorías definidas por etiquetas semánticas (como "alto", "medio" o "bajo"). Estas etiquetas representan propiedades con variación continua, donde los valores pueden solaparse, reflejando transiciones graduales entre estados. Por ejemplo, en un ecotono (zona de transición entre ecosistemas), los límites no son abruptos, sino difusos, similar a cómo la LD maneja las ambigüedades en datos intermedios.

Tipo de Alteración	Ensamble mineralógico
Alteración Potásica	Feldespatos potásicos y/o biotita, con minerales accesorios como cuarzo, magnetita, sericita, clorita.
Alteración Propilitica	Asociación clorita-epidota con o sin albita, calcita, pirita, con minerales accesorios como cuarzo-magnetita-illita.
Albitización	Asociada con alteración propilitica de alta temperatura, ocurre por lo general como reemplazo selectivo de plagioclasas junto con actinolita.
Alteración Filica	Cuarzo y sericita con minerales accesorios como clorita, illita y pirita.
Alteración Argílica Moderada	Presencia de arcillas (caolín) y mayor o menor cuarzo.
Alteración Argílica Avanzada	Cuarzo residual (cuarzo oqueroso o "vuggy sílica") con o sin presencia de alunita, jarosita, caolín, pirofilita y pirita.
Alteración Carbonatada	Calcita, dolomita, ankerita, siderita, con mayor o menor sericita, pirita y/o albita.
Alteración Calcosilicatada	Silicatos de Ca y Mg dependiendo de la roca huésped, caliza o dolomita. Caliza: granates andradita y grosularia, wollastonita, epidota, diópsido idocrasa, clorita, actinolita.
Alteración tipo greissen	Moscovita de grano grueso, feldespato y cuarzo, con o sin topacio y/o turmalina.

Tabla 3. Tipos de alteración hidrotermal y sus ensamblajes mineralógicos.

Los conjuntos difusos son funciones que asignan un grado de pertenencia a un elemento dentro de un rango entre 0 y 1. Un valor de 0 indica que el elemento no forma parte del conjunto, mientras que 1 representa una membresía completa. La difusidad (*fuzziness*) describe cuán bien un valor se ajusta a un concepto semántico, definiendo así su nivel de inclusión en un conjunto difuso (Eastman, 1997).

A diferencia de los conjuntos clásicos (*crisp*), que tienen límites definidos (pertenecer o no pertenecer), los conjuntos difusos carecen de fronteras precisas. En ellos, la transición entre la membresía y la no membresía es progresiva, reflejando situaciones donde las categorías no son absolutas. Por ejemplo, al evaluar si una pendiente del terreno es "pronunciada", una pendiente del 10% podría tener un grado de pertenencia de 0 (no pronunciada), y una del 25%, un grado de 1 (totalmente pronunciada). Entre estos valores, la pertenencia aumenta de manera continua de 0 a 1 (Figura 6). Este enfoque contrasta con los conjuntos clásicos, que pueden verse como un caso especial de conjuntos difusos donde la transición es abrupta (Zadeh, 1965; Eastman, 1997).

La lógica difusa ofrece un marco matemático robusto para abordar problemas de decisión en contextos ambiguos, permitiendo combinar y evaluar criterios mediante reglas flexibles que integran grados de incertidumbre.

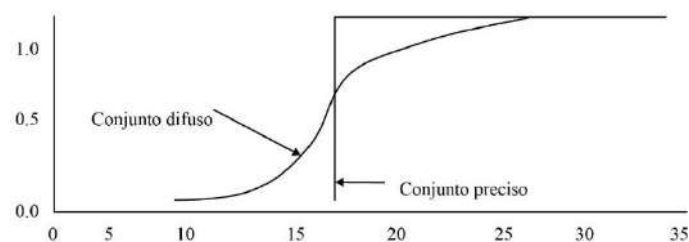


Figura 5. Funciones de membresía de conjuntos difusos vs conjuntos precisos.

Gopal y Woodcock (1994) destacan que el empleo de conjuntos difusos (*fuzzy sets*) en la evaluación de la precisión de mapas enriquece el análisis al proporcionar información detallada sobre la naturaleza, frecuencia, magnitud y origen de los errores en mapas temáticos. Esto surge de reconocer que numerosas áreas en un mapa no pueden clasificarse de manera inequívoca en una única categoría, permitiendo los conjuntos difusos asignar grados de pertenencia a múltiples clases.

A diferencia de las matrices de confusión tradicionales, el uso de funciones difusas genera cuatro tablas complementarias que ofrecen una visión más integral de los errores. Esta metodología ha sido respaldada por diversos investigadores (Edwards & Lowell, 1996; Zhang & Kirby, 1997; Muller et al., 1998; Cheng & Molenaar, 1999; Foody, 1999; Metternicht, 1999; Zhang & Kirby, 1999; Molenaar & Cheng, 2000; Woodcock & Gopal, 2000), quienes coinciden en su utilidad para procesar datos, crear mapas y evaluar su precisión, especialmente en clasificaciones derivadas de imágenes satelitales. Un avance significativo lo presenta Warner y Shank (1997), quienes combinan lógica difusa con redes neuronales para optimizar la evaluación de exactitud en clasificaciones difusas, demostrando sinergias entre técnicas para abordar ambigüedades en análisis espaciales.

3. MARCO GEOLÓGICO

3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

3.1.1. Estratigrafía

La estratigrafía regional de los cuadrángulos de Yanahuanca, Oyón y Canta abarca rocas que van desde el Neoproterozoico hasta el Cuaternario (Figura 7, 8 y 9). En general, se identificaron tres dominios claramente diferenciados de oeste a este: rocas volcánicas del Paleógeno-Neógeno, rocas sedimentarias del Cretácico Inferior-Medio, y rocas sedimentarias del Cretácico Superior-Paleógeno (Figura 7). Se tomó como base referencial la geología 1:100 000 de los cuadrángulos de Yanahuanca 21-j elaborado por Cobbing et al. (1996); Oyón 22-j y Canta 23-j elaborado por Cobbing (1973), los cuales abarcan un área aproximada de 5823 km².

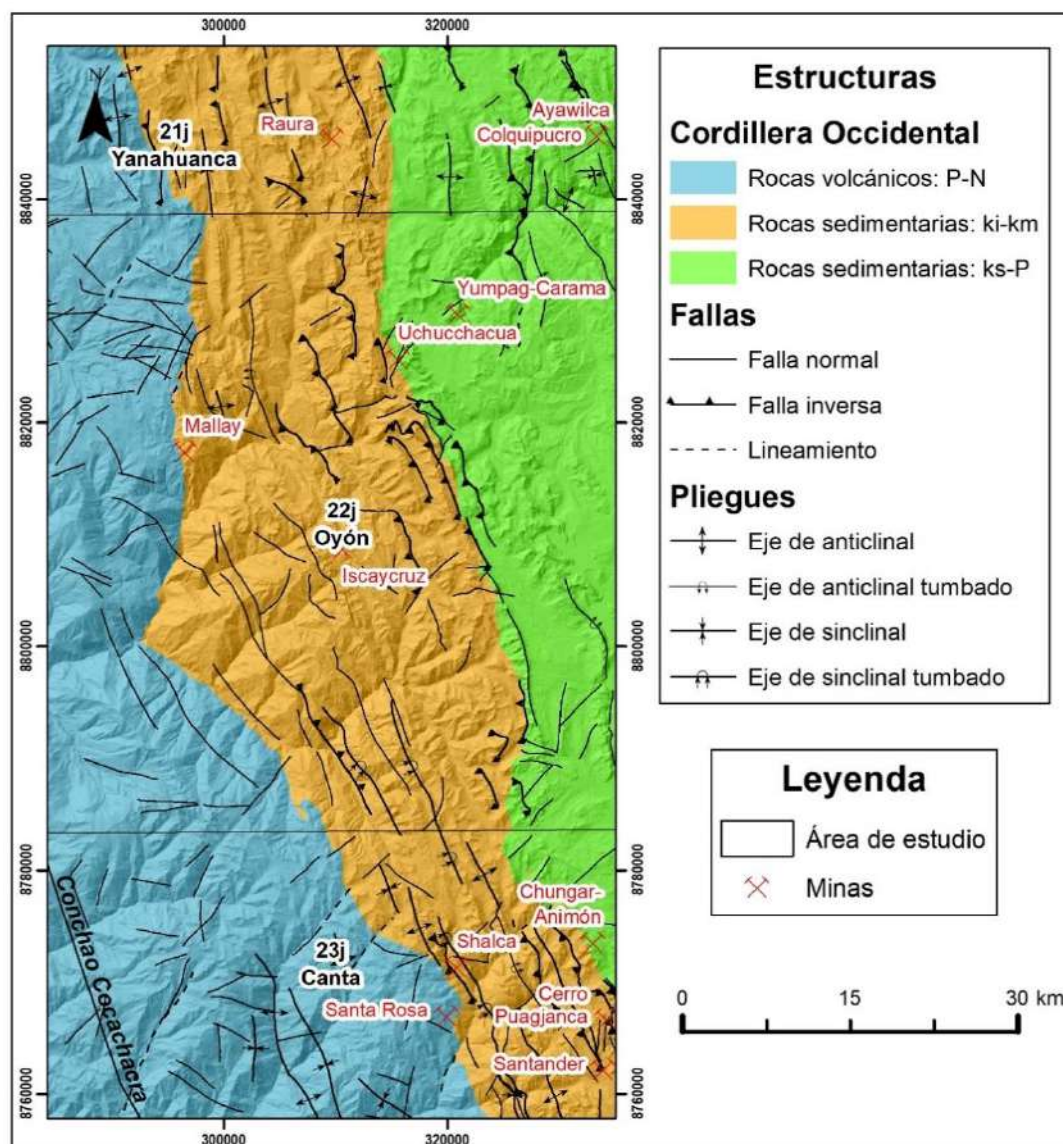


Figura 6. Mapa morfoestructural de la zona de estudio.

3.1.1.1. Neoproterozoico

Las rocas del Neoproterozoico afloran en el extremo noreste del área de estudio, cuadrángulo de Yanahuanca (Figura 9), y corresponden a la unidad denominada Complejo del Maraón. Esta unidad en el área de estudio está compuesta predominantemente por esquistos y gneises. Las dataciones de zircones realizadas por Dalmayrac (1977) en los gneises del Complejo del Maraón, utilizando el método U-Pb, indican edades de 610 a 630 Ma, lo que confirma que esta unidad es del Neoproterozoico.

3.1.1.2. Mesozoico

Las rocas del Mesozoico afloran principalmente al centro y norte del área de estudio. Estas rocas sedimentarias constituyen el Grupo Mitu, Grupo Pucará, Grupo Goyllarisquizga, Formación Pariahuanca, Formación Chúlec, Formación Pariatambo, Formación Jumasha, Formación Celendín y la Formación Casapalca (Figura 9).

El Grupo Mitu está constituido rocas volcánicas, conglomerados y areniscas. Esta unidad sobreyace en discordancia con las rocas del Complejo del Maraón. La edad del Grupo Mitu se definió en base a dataciones U-Pb en zircones, que dieron una edad de 225 Ma, sugiriendo que corresponde del Triásico superior al Jurásico medio (Reitsma et al., 2010).

El Grupo Pucará está constituido principalmente por calizas y niveles de areniscas calcáreas. Esta unidad sobreyace en discordancia al Complejo de Maraón y al Grupo Mitu, y subyace en discordancia al Grupo Goyllarisquizga. El Grupo Pucará se depositó durante el Triásico superior al Jurásico medio (Mégard, 1968).

El Grupo Goyllarisquizga está conformada por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, con orientación NO-SE (Cobing, 1973). La Formación Chimú está constituida principalmente por cuarzoarenitas blanquecinas de grano medio. La Formación Santa está constituido por calizas y calizas arcillosas, esta formación alberga la mineralización del yacimiento de Iscaycruz. La Formación Carhuaz constituido por cuarzoarenitas gris blanquecinas, lutitas pardas a rojizas, lutitas grises y areniscas finas. La Formación Farrat está constituida por cuarzoarenitas blanquecinas. La edad del Grupo Goyllarisquizga abarca desde el Valanginiano hasta el Albiano superior (Benavides, 1956).

La Formación Pariahuanca sobreyace en ligera discordancia sobre la Formación Farrat y está constituida por calizas masivas. Esta unidad se le asigna una edad de Albiano inferior en base a su contenido fósil (Benavides, 1956). Es sobreyacida concordantemente por la Formación Pariahuanca.

La Formación Chúlec está compuesta por calizas, margas y lutitas, y se le asigna una edad del Albiano medio (Benavides, 1956). Esta formación yace de manera concordante sobre la Formación Pariahuanca y se encuentra en discordancia con la Formación Pariatambo. La Formación Chúlec alberga la mineralización Santander y Santa Rosa.

CRONOESTRATIGRAFÍA			UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	YACIMIENTOS
CENOZOICO	CUATERNARIO		Depósitos recientes	
	NEÓGENO	MIOCENO	Formación Millotingo	
			Formación Huarón	
	PALEÓGENO	OLIGOCENO	Grupo Calipuy	
		EOCENO	Formación Yantac	Chungar-Animon
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Formación Casapalca	
			Formación Celendín	
			Formación Jumasha	Uchucchacua Raura
		INFERIOR	Formación Pariatambo	
			Formación Chúlec	Santander Santa Rosa
			Fm. Pariahuanca	Mallay
			Grupo Goyllarisquiza	
	TRIÁSICO	SUPERIOR	Grupo Pucará	
		INFERIOR		
PALEOZOICO	PÉRMICO		Grupo Mitu	Skarn Hidrotermal y relleno Filoniano
	NEO-PROTEROZOICO		Complejo del Marañón	

Figura 7. Diagrama litoestratigráfico del área de estudio que muestra los yacimientos presentes en algunas unidades.

La Formación Pariatambo está formada por calizas, dolomitas y lutitas carbonosas. Su edad se sitúa entre el Albiano medio y tardío (Benavides, 1956). Esta formación yace de manera concordante sobre la Formación Chúlec y está en discordancia con la Formación Jumasha.

La Formación Jumasha está integrada por calizas y dolomitas. Se deposita durante el Albiano tardío – Turoniano (Benavides, 1956), y yace de manera concordante sobre la Formación Pariatambo e infrayace también de manera concordante a la Formación Celendín. La Formación Jumasha alberga la mineralización de Uchucchacua y Raura.

La Formación Celendín está constituida por limoarcillitas, calizas y margas. Su edad se asigna al Coniaciano – Santoniano (Benavides, 1956). Esta formación yace de manera concordante sobre la Formación Jumasha y se encuentra en discordancia con la Formación Casapalca. Además, presenta un cambio litológico y un cambio en el ambiente de sedimentación.

muy variable y sobreyace discordantemente a todas las formaciones mesozoicas. Su edad se extiende del Eoceno superior al Mioceno (Cobbing et al., 1996).

Formación Huarón, está constituido por brechas y lavas, sobreyace al Grupo Calipuy e infrayace a la Formación Millotingo. Se le asigna la edad de Mioceno inferior.

Formación Millotingo está constituido por centros volcánicos, tobas líticas, tobas de ceniza, andesitas y cuarzo andesitas. Sobreyace a la Formación Huarón. Las dataciones por K-Ar en las muestras de andesitas indican una edad de 9,8 Ma asignando la edad del Mioceno superior (Romero y La Torre, 2003).

Depósitos recientes, lo conforman material de cobertura no consolidado en su mayoría y distribuido irregularmente. Los depósitos son el resultado de diversos procesos glaciares, aluviales, coluviales, fluviales y por movimiento en masa.

3.1.2. Rocas intrusivas y subvolcánicas

Diorita – tonalita, afloran en el sector sur del área de estudio, son de textura inequigranular de grano fino a medio con presencia de minerales máficos pobremente desarrollados.

Granodiorita, se distribuyen en extensión reducida en el sector SO, estos cuerpos intrusivos han sido datados por K-Ar en las biotitas, las cuales indican edades de $9 \pm 0,5$ Ma y $6,2 \pm 0,3$ Ma asignando una edad del Mioceno superior (Romero y La Torre, 2003).

Tonalita, cuerpos de roca holocristalinas, equigranulares y de textura granítica se encuentran constituida por plagioclasas, feldespatos potásicos y cuarzo, mientras que presentan mínimamente ferromagnesianos. Se le asigna edad Paleógena (Cobbing, 1973).

Diabasa, afloran en stocks de reducida dimensión en el sector oriental del área de estudio, se presenta como diques con coloración gris oscura a verduzcas (Cobbing et al., 1996).

Pórfito cuarcífero, se encuentra distribuido en el sector central del área de estudio, constituido por fenocristales de cuarzo y feldespatos en una matriz de color verde oscuro (Cobbing, 1973).

Gabro, aflora en el sector sur, estos cuerpos cortan y metamorfizan termalmente a las rocas de caja adyacentes. La roca se encuentra uralitizada y los únicos piroxenos que se observan son los clinopiroxenos en el núcleo de hornblenda pseudomorfa (Cobbing, 1973).

Monzonita, distribuidos en el sector norte del área de estudio, presenta textura fanerítica de grano grueso, constituido por cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, biotita y menor hornblenda (Cobbing et al., 1996).

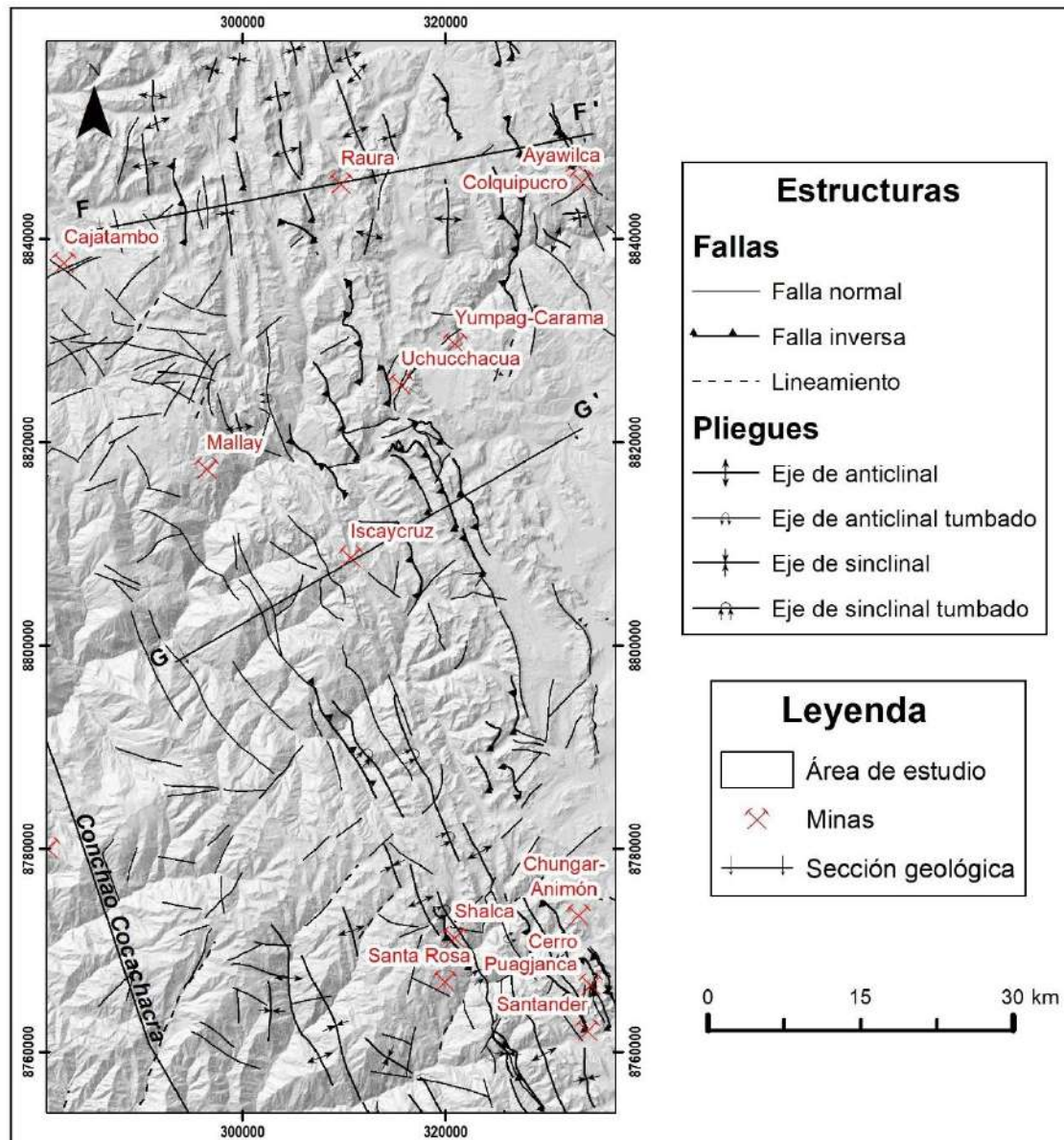


Figura 9. Mapa estructural del área de estudio.

Riodacita, afloran en el sector sur, estos cuerpos emplazan unidades sedimentarias mesozoicas e indirectamente se han registrado rodados con las que se infiere su litología según Cobbing et al. (1996).

3.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Estructuralmente en el área de estudio se evidencian dos zonas estructurales marcadas, de oeste a este, fallas principalmente normales y pliegues en dirección NO-SE y NE-SO, y fallas inversas en dirección NO-SE (Figura 10). Los dos sistemas de fallas presentes en el área lo constituyen el sistema de fallas Conchao-Cocachacra y la faja plegada y corrida del Marañón.

Sistema de fallas Conchao-Cocachacra

Se encuentra en el sector occidental del área de estudio, tiene dirección principal NO-SE, corresponde a una falla normal con vergencia hacia el este. Esta falla afecta a rocas volcánicas y sedimentarias del Cretácico, evidenciando su estado activo en el mencionado periodo (Quispe et al., 2008).

Faja plegada y corrida del Maraón

Es un sistema de pliegues y fallas inversas de dirección NO-SE que abarca el sector central y oriental del área de estudio. Las fallas inversas de bajo ángulo originan una serie de cabalgamientos con vergencia hacia el este que pone en contacto las rocas metamórficas del Complejo del Maraón con rocas mesozoicas (Figura 10 y 11). La faja plegada y corrida del Maraón se ha originado desde el Eoceno (Coba et al., 2022; Scherrenberg et al., 2015).

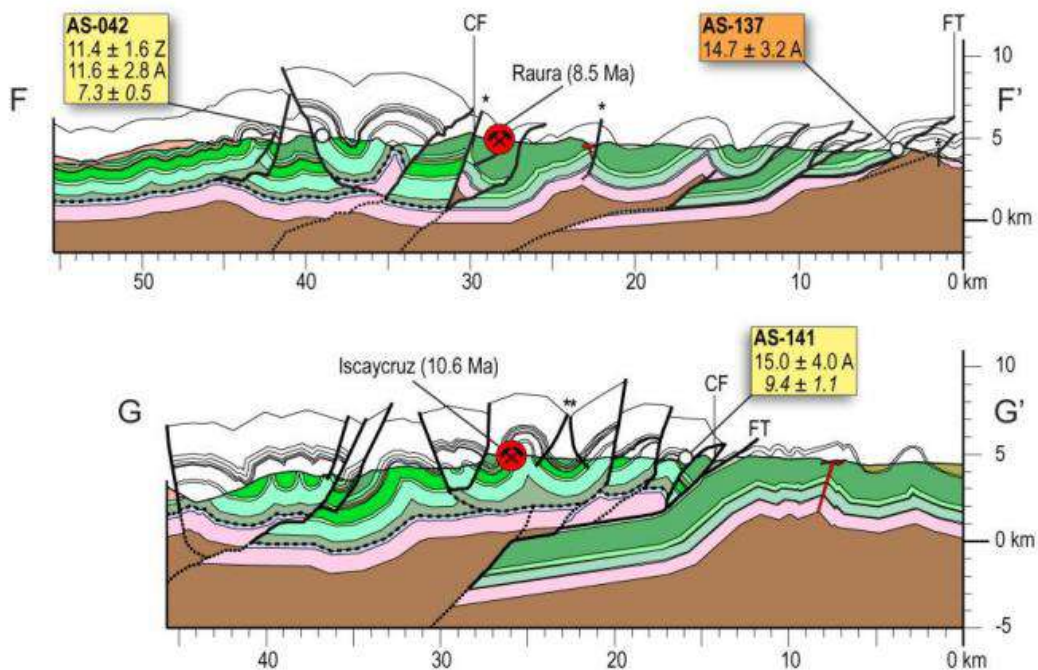


Figura 10. Sección geológica F-F' y G-G' en el área de estudio, extraídas de Scherrenberg et al. (2015).

3.2. GEOLOGÍA ECONÓMICA

En el área de estudio se identifican cuatro franjas metalogénicas que contienen diversos tipos de yacimientos (ver Figura 12), distribuidas en dirección oeste-este. En primer lugar, se encuentra la franja XI, que corresponde a sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico Superior-Paleógeno.

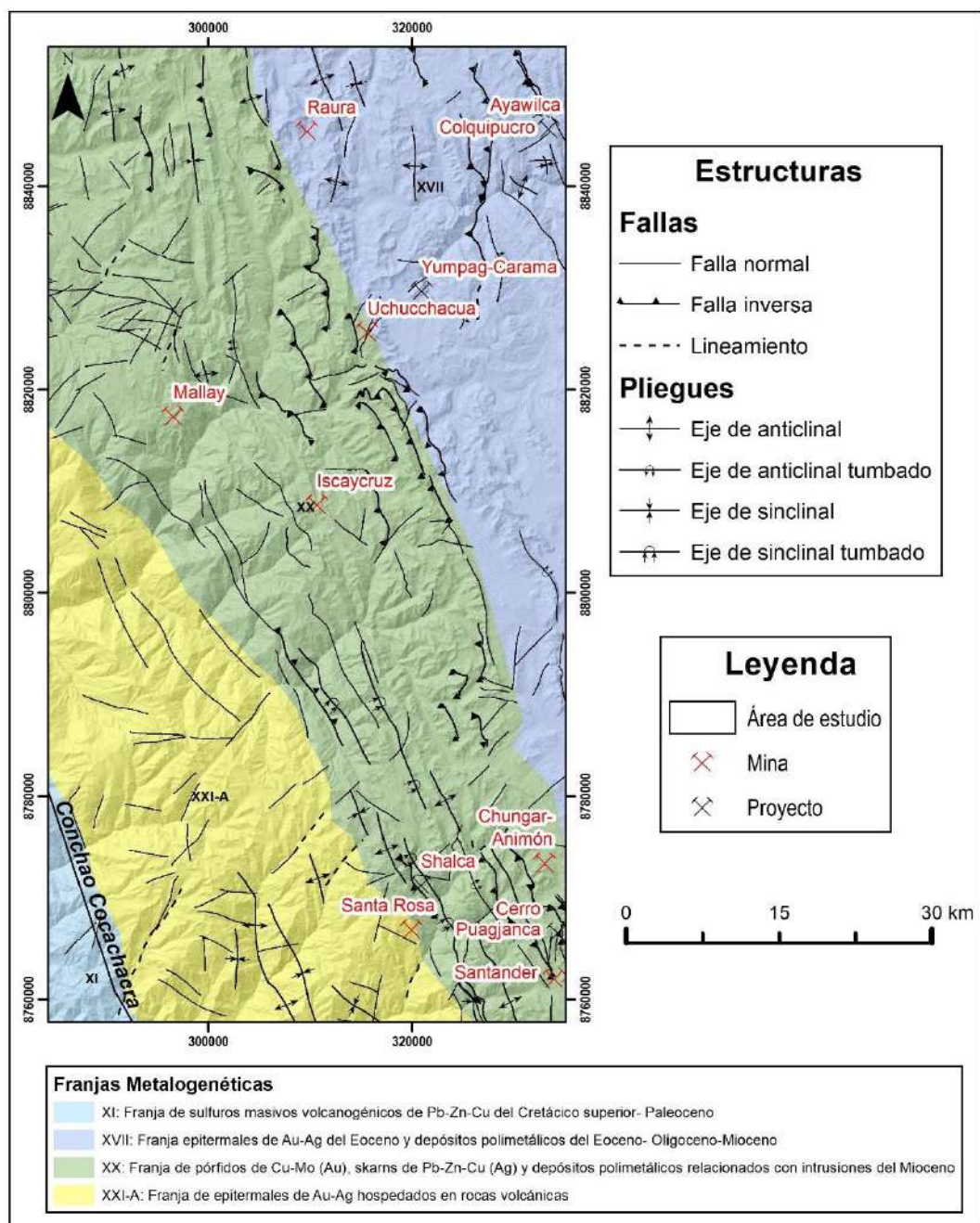


Figura 11. Mapa metalogenético y yacimientos del área de estudio.

Hacia el este, se ubica la franja XXI-A, caracterizada por epitermales de Au-Ag alojados en rocas volcánicas. Seguidamente, la franja XX incluye pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos asociados con intrusiones del Mioceno, destacándose minas como Uchucchacua y Santander en sus límites. Finalmente, al extremo noreste, se extiende la franja XVII, que abarca epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno–Oligoceno–Mioceno, incluyendo yacimientos como Ayawilca y Raura (ver Tabla 4).

Mina	Tipo de yacimiento	Geología	Mineralización
Uchucchacua	Hidrotermal y epigenético	Calizas de la Fm. Jumasha e intrusivos del Mioceno	Consiste en vetas y cuerpos de reemplazamiento. La mineralogía es compleja con ocurrencia de plata en sulfuros y sulfosales, abundantes calcosilicatos y abandita.
Santander	Hidrotermal, metasomático.	Emplazado en calizas de la Formación Chúlec	Las asociaciones mineralógicas por cuerpo mineralizado se caracterizan por esfalerita, galena, calcopirita, marmatita y pirrotita.
Isayacruz	Reemplazamiento o hidrotermal.	Forma mantos en las calizas de la Formación Santa.	Está emplazado en forma discontinúa. La mena está compuesta principalmente de esfalerita, mientras que la ganga de cuarzo asociado con clorita y siderita.
Raura	Skarn polimetálico (Cu-Zn-Pb-Ag)	Relacionado a la Formación Jumasha	La mena consiste en calcopirita, esfalerita, galena argentífera, y freibergita. La mineralización se presenta como reemplazamientos metasomáticos de contacto.
Mallay	Hidrotermal	Relacionada al Grpo. Goyllarisquizga, y formaciones Chúlec y Pariatambo	Los minerales económicos por elemento metálico para la plata son la argentita, proustita, pirargirita, estefanita. Luego, en cuanto al plomo son la galena, anglesita, cerusita y para el zinc son la esfalerita, wurtzita, marmatita.
Chungar-Animón	Filiniario de origen hidrotermal	Relacionada a la Fm. Casapalca, volcánicos Calipuy y Huallay.	Se presenta en vetas y bolsonadas. Está compuesto por sulfuros: esfalerita, galena, calcopirita con trazas de sulfosales de cobre y sulfosales de plata asociadas con pirita, marcasita y hematita.
Santa Rosa	Mantos estratiformes	Relacionada a las calizas del Mesozoico	La mineralización presente en el depósito de la cantera está formada principalmente por óxidos de sílice, fierro, aluminio, y titanio.

Cerro Puagjanca	Skarn y de reemplazamiento de Pb, Zn y Cu	Relacionado a las unidades mesozoicas y granodioritas del Neógeno	La mineralogía consiste de sulfuros como la esfalerita, galena, pirita y pirrotita.
Ayawilca	Polimetálica Zn-Sn (Pb-Ag-In)	Abarca al Gpo. Excelsior del Devónico hasta el Cretácico Superior con la Fm. Jumasha.	La mineralización de Zn está constituida por esfalerita asociada a minerales como pirrotina, siderita, magnetita, pirita y clorita.
Shalca	Polimetálica de Pb, Zn y Ag.	Cuarcitas de la Fm. Chimu y al Grupo Calipuy	Relleno de fisura (vetas), la mena consta principalmente de galena, esfalerita. La ganga es generalmente cuarzo, masivo y en cristales.

Tabla 4. Yacimientos del área de estudio.

4. METODOLOGÍA

4.1. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se recopiló información bibliográfica sobre temas relacionados a los presentados en el estudio, los cuales consistieron en informes de geología regional, geología estructural, geología económica de lugares cercanos al lugar de interés, determinación de lineamientos estructurales e interpretación de imágenes satelitales tipo ASTER sobre el área de estudio.

4.2. MAPA GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL COMPILADO

Sobre la base de la recopilación bibliográfica se confeccionó un mapa regional a una escala 1:100.000, que nos permite reconocer controles estructurales y litológicos favorables para la mineralización y relacionarlos con los lineamientos estructurales y alteraciones obtenidos del área de estudio.

4.3. CARTOGRAFÍA DIGITAL

4.3.1. Mapa lineamientos estructurales

A partir de un modelo de elevación digital (DEM) con resolución de 12.5 m Alos Palsar obtenido de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA), la cual se descargó de manera gratuita del sitio web de la NASA, para realizar los distintos procesos e identificar lineamientos estructurales. Los métodos usados para identificar los lineamientos estructurales fueron el de sombras combinadas (Figura 13) y mapa de imagen de relieve rojo (RRIM, Figura 14), estos métodos se describen a detalle en marco teórico, los softwares usados para estos procesos son el Qgis y Saga Gis que son libres y gratuitos.

4.3.2. Mapa de densidad de lineamientos estructurales

A partir de los lineamientos estructurales obtenidos de la geología base regional y del DEM por los métodos de Sombras Combinadas y RRIM se realizaron mapas de densidad de lineamientos por diferentes métodos, los cuales son:

- Densidad de la línea (Peso e influencia).
- Densidad por la longitud del lineamiento.
- Densidad por fractales (Análisis fractal de conteo de cajas).
- Densidad por análisis de componentes principales.

Los métodos mencionados son detallados en el marco teórico.

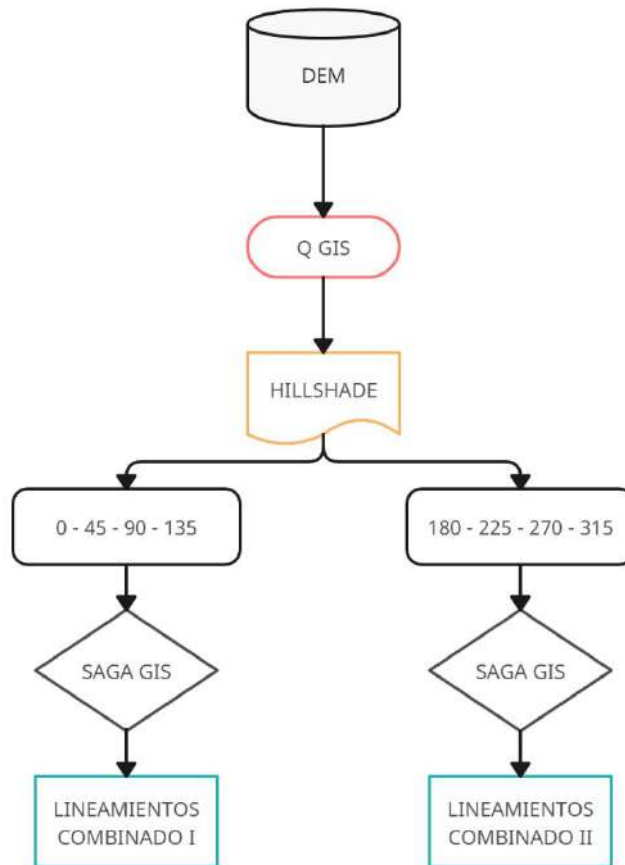


Figura 12. Flujograma del procesamiento para realizar Sombras Combinadas.

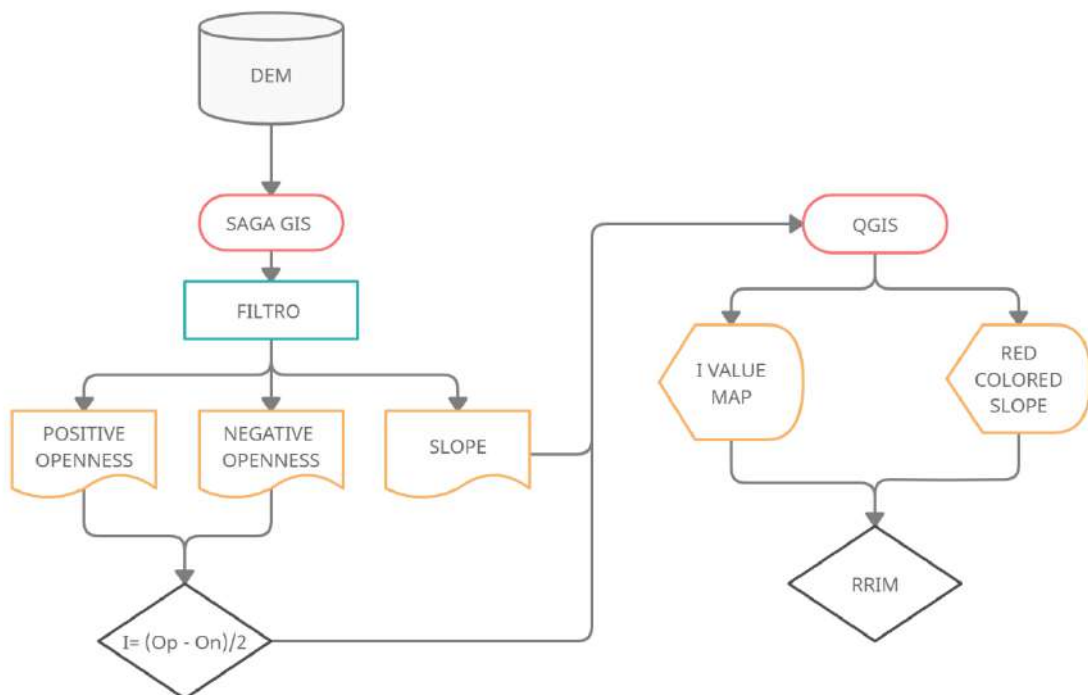


Figura 13. Flujograma del procesamiento para realizar el Mapa de Imagen de Relieve Rojo (RRIM).

4.3.3. Mapa de lógica difusa de lineamientos estructurales

El Mapa de Superposición Difusa, también conocido como mapa de lógica difusa, es una técnica que combina múltiples capas raster o ráster, en este caso, de la densidad de los lineamientos. Estos mapas densidad de los lineamientos son reclasificados mediante pertenecía difusa, usando el algoritmo linear, generando cuatro mapas los cuales que fueron superpuestos mediante superposición Gamma ($\gamma=90$), obteniendo el mapa de prospectividad *Fuzzy* que es llamado Mapa de Superposición Difusa (Figura 15). Para generar el mapa de lógica difusa se utilizó el software ArcGIS.

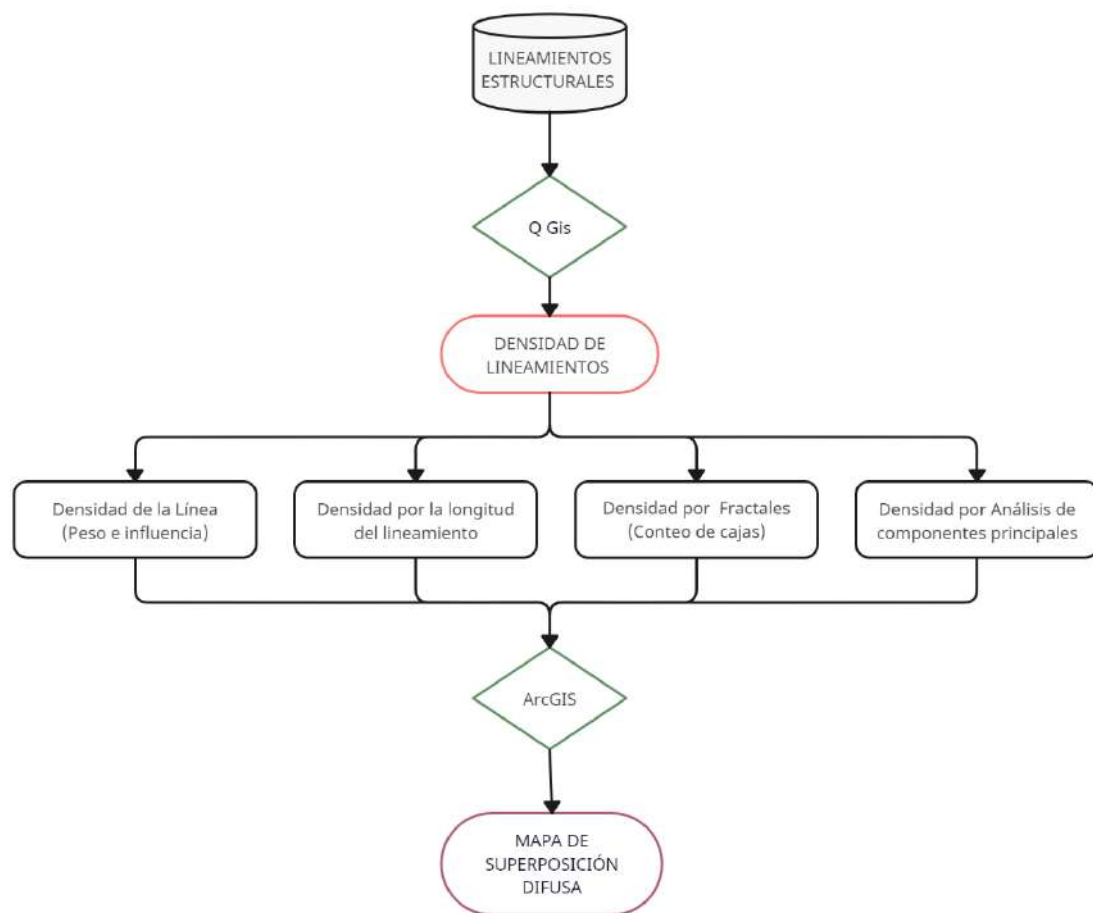


Figura 14. Flujograma del procesamiento para realizar el Mapa de Superposición Difusa.

4.3.4. Mapa de alteraciones hidrotermales a partir de imágenes tipo aster

Para el análisis de imágenes satelitales se utilizó una fotografía satelital de la zona de estudio, obtenida del sitio oficial de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) <https://earthdata.nasa.gov/>, misma que fue capturada por el sensor remoto ASTER.

Se realizó un Layerstacking (juntar bandas) de todas las bandas de los subsistemas SWIR y VNIR para que la manipulación de datos sea íntegra. Mediante la técnica de corrección

radiométrica se trataron los ND (números digitales) de la imagen, transformándolos a valores de radiancia para obtener valores de intensidad homogéneos; así mismo, se aplicó la corrección atmosférica, pasando la imagen de radiancia a reflectancia en el sensor. Así mismo, se eliminó la influencia de la atmosfera con la finalidad de eliminar zonas con presencia de vegetación, agua, nubes y sombras se aplicaron máscaras para cada una de ellas con el fin de evitar la confusión con zonas de alteración o minerales arcillosos.

El mapeo general de zonas de alteración hidrotermal se ejecutó aplicando combinaciones RGB de bandas y cocientes de bandas. En el reconocimiento de zonas de alteración hidrotermal se utilizó la técnica de cocientes de bandas y bandas para determinar zonas de alteración hidrotermal presentes en el área de estudio. En la Figura 16 se muestra el flujo de trabajo a partir de la imagen satelital tipo Aster.

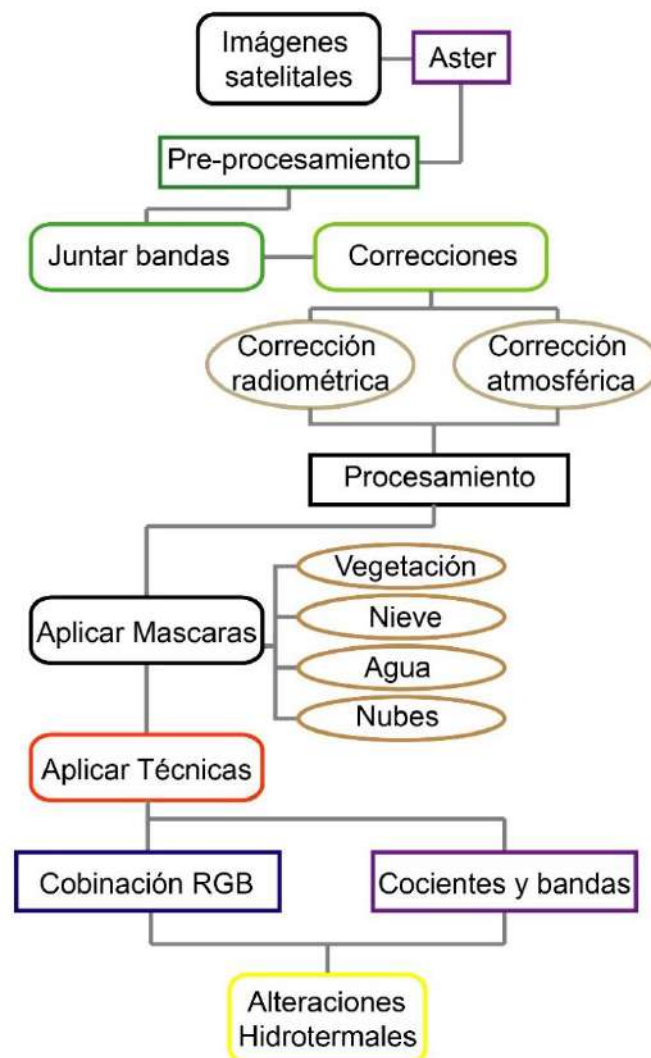


Figura 15. Flujograma del procesamiento para determinar alteraciones a partir de imágenes satelitales Aster.

4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

Aplicando el sistema de capas, se correlacionó los resultados obtenidos del análisis de lineamientos estructurales, el estudio multispectral de imágenes ASTER y la geología del área de estudio, con la finalidad de obtener zonas coincidentes, definiéndose targets o blancos de exploración.

5. RESULTADOS

5.1. LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

A partir de los lineamientos estructurales obtenidos de la geología base regional y del DEM por los métodos de Sombras Combinadas y RRIM se obtuvo un total de 914 lineamientos (ver Figura 17).

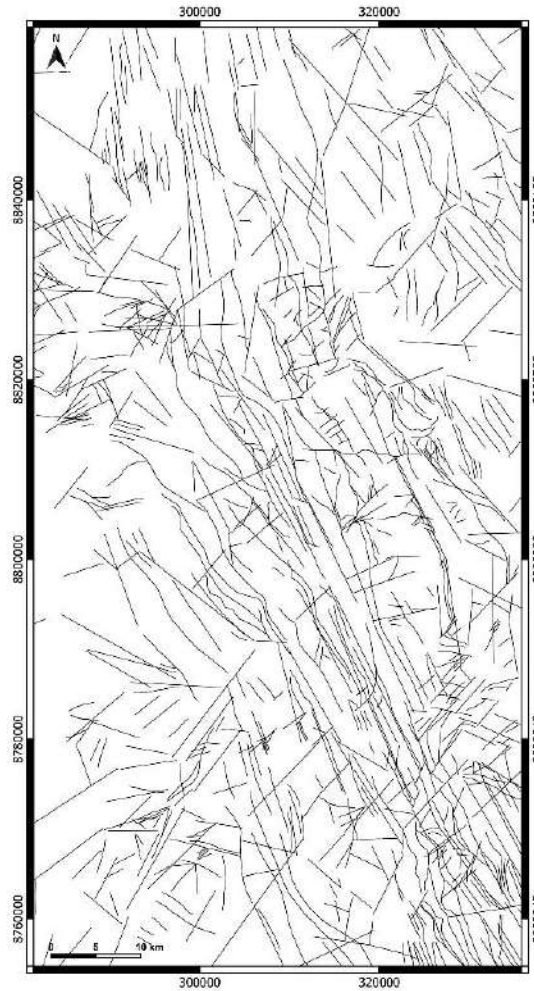


Figura 16. Mapa de lineamientos estructurales.

Con los lineamientos ya determinados se realizaron gráficos de densidad de lineamientos.

5.1.1. Densidad de la línea (Peso e influencia)

En este método de densidad se colocó el mismo peso a todos los lineamientos y una distancia de influencia de 1 km (ver Figura 18).

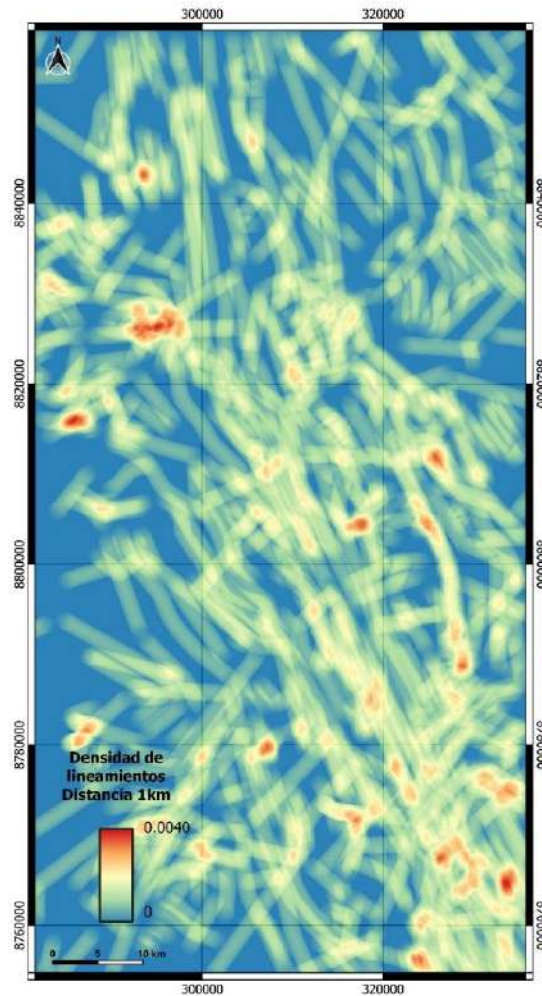


Figura 17. Mapa de densidad por el método de Densidad de la Línea.

5.1.2. Densidad por la longitud del lineamiento

Para realizar este método primero se determinó el tamaño mínimo óptimo de cuadrícula mediante el método de Triangulación de Delauney (Figura 19a) que fue de 2800 x 2800m generando un mapa con cuadrículas de esas medidas y puntos medios cada cuadrícula con el valor de la longitud de lineamientos (Figura 19b). A partir del punto central con el valor de la longitud de lineamientos se realizó un mapa de densidad por el método de distancia inversa ponderada (Figura 19c).

5.1.3. Densidad por fractales (Análisis fractal de conteo de cajas).

Para realizar el método de conteo de cajas se trabajó con cuadrículas de 2800 x 2800m, 1400 x 1400m, 700 x 700m y 350 x 350m (Figura 20a) y a partir de cantidad de lineamientos por cuadrícula se determinó la dimensión fractal de conteo de cajas. Teniendo la dimensión fractal de conteo de cajas se realizó un mapa de densidad por el método de distancia inversa ponderada (Figura 20b).

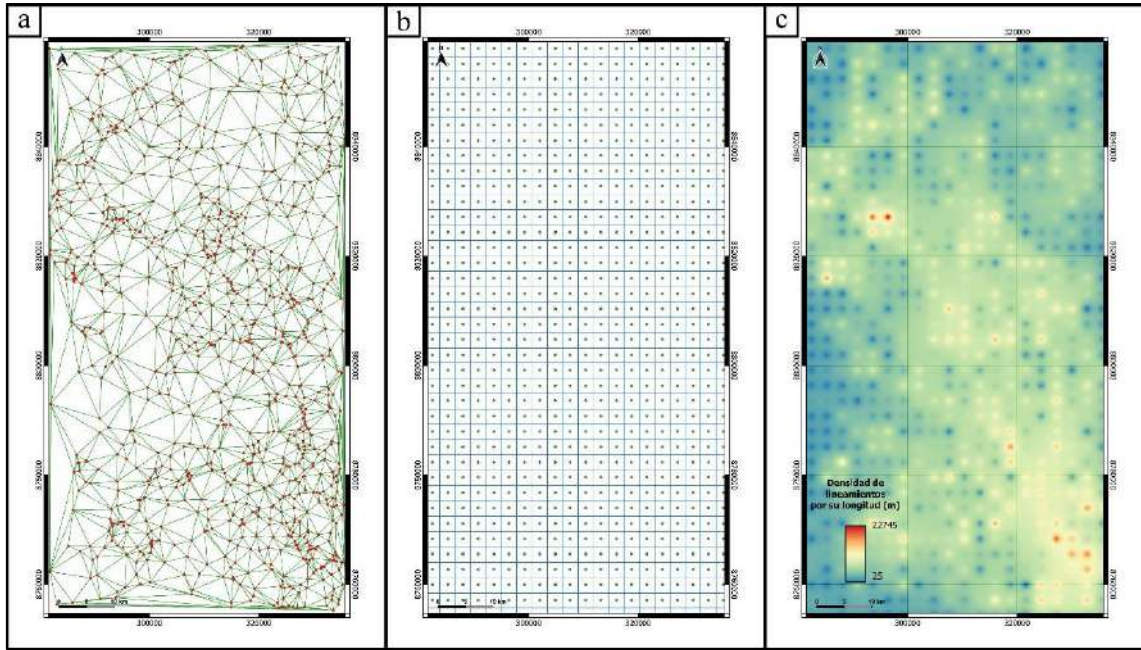


Figura 18. Mapa de la Triangulación de Delauney (a). Mapa de cuadrículas de 2800 x 2800m con sus puntos centrales de cada cuadrícula (b). Mapa de densidad de lineamientos por su longitud (c).

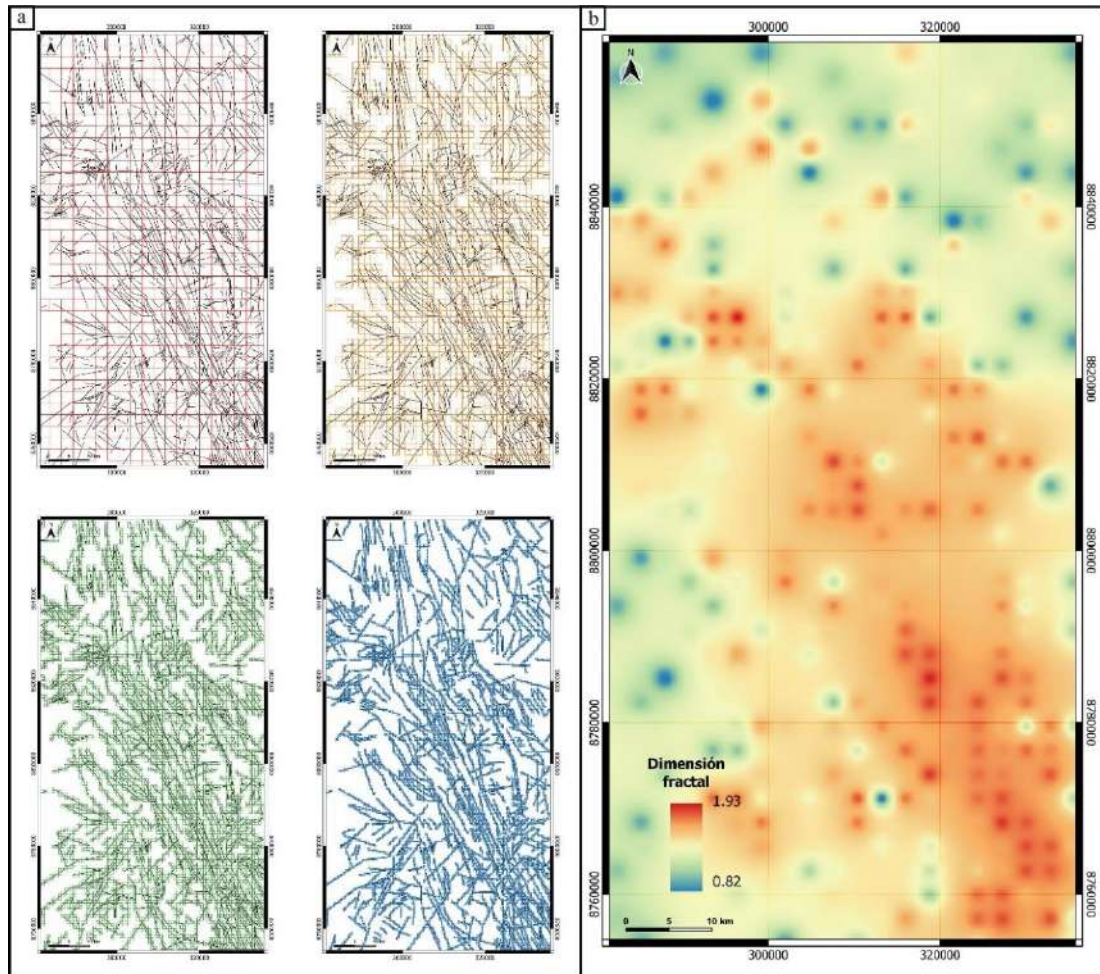


Figura 19. Mapas de distintos tamaños de cuadrículas (a). Mapa de densidad de lineamientos por fractales (b).

5.1.4. Densidad por Análisis de Componentes Principales

Para realizar este método los lineamientos se clasificaron en orden de lineamiento por el tamaño de lineamiento y se determinó 4 órdenes de lineamientos (Figura 21 y 22). A partir de los órdenes de lineamientos y la cuadrícula ya determinada anteriormente (2800 x 2800m) se elabora una Tabla (1) donde se colocó el conteo, tipo de lineamiento (orden de lineamiento) y la intersección de lineamientos. Con la Tabla ya elaborada se realizó el análisis de componentes principales en el software Past (software libre y gratuito) obteniendo un total de 14 componentes principales (Tabla 5). De los 14 componentes principales se escogió el PC1 (componente principal 1) por presentar una varianza de 55.95 % (Figura 23). Con los datos del PC1 se realizó un mapa de densidad por el método de distancia inversa ponderada (Figura 24).

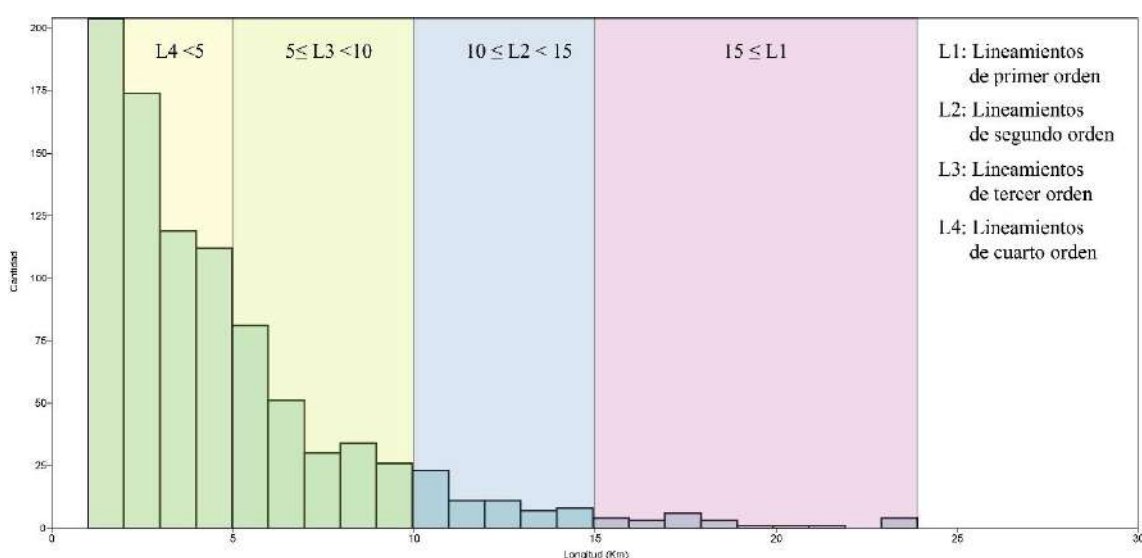


Figura 20. Histograma de la longitud de lineamientos.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9	PC 10	PC 11	PC 12	PC 13	PC 14
L1	-0.061	-0.034	-0.218	0.952	-0.087	-0.006	0.015	-0.011	-0.031	-0.158	-0.077	-0.002	-0.026	-0.012
L2	0.047	-0.052	0.929	0.222	0.045	-0.031	-0.240	0.005	-0.143	0.031	0.003	-0.035	0.005	-0.008
L3	0.144	0.935	0.053	0.029	-0.215	0.188	-0.015	-0.135	-0.001	-0.034	0.001	0.003	0.003	0.001
L4	0.946	-0.176	-0.065	0.017	-0.238	-0.100	-0.050	0.014	0.010	-0.006	-0.011	-0.003	0.001	0.002
I_L1L1	-0.002	-0.004	-0.009	0.023	0.000	-0.003	0.005	0.004	-0.004	-0.045	0.072	0.006	0.995	0.046
I_L1L2	-0.002	0.000	0.006	0.012	0.003	-0.002	0.001	-0.004	0.008	0.005	-0.021	-0.045	-0.044	0.998
I_L1L3	-0.004	0.024	-0.031	0.149	-0.024	-0.001	-0.003	-0.026	0.226	0.953	-0.112	0.008	0.049	-0.008
I_L1L4	0.003	-0.003	-0.030	0.087	-0.018	0.002	-0.011	0.006	-0.001	0.105	0.987	0.005	-0.069	0.017
I_L2L2	0.002	-0.005	0.033	0.009	0.000	-0.007	-0.018	0.003	0.009	-0.010	-0.005	0.998	-0.008	0.044
I_L2L3	0.009	0.054	0.141	0.039	0.049	-0.080	0.028	0.299	0.913	-0.207	0.023	-0.015	-0.007	-0.007
I_L2L4	0.079	-0.034	0.227	0.045	0.059	0.021	0.940	-0.227	0.008	0.000	0.016	0.010	-0.004	-0.003
I_L3L3	0.031	0.178	-0.003	0.022	0.059	-0.173	0.221	0.885	-0.306	0.089	-0.013	0.004	-0.001	0.004
I_L3L4	0.175	0.227	-0.087	0.066	0.773	-0.514	-0.073	-0.197	-0.024	0.002	0.007	-0.001	-0.002	-0.004
I_L4L4	0.201	-0.052	-0.035	0.060	0.529	0.808	-0.032	0.134	0.006	0.008	-0.001	0.005	0.001	0.001

Tabla 5. Componentes principales obtenido del conteo de lineamientos e intersecciones de lineamientos. (I: Intersección).

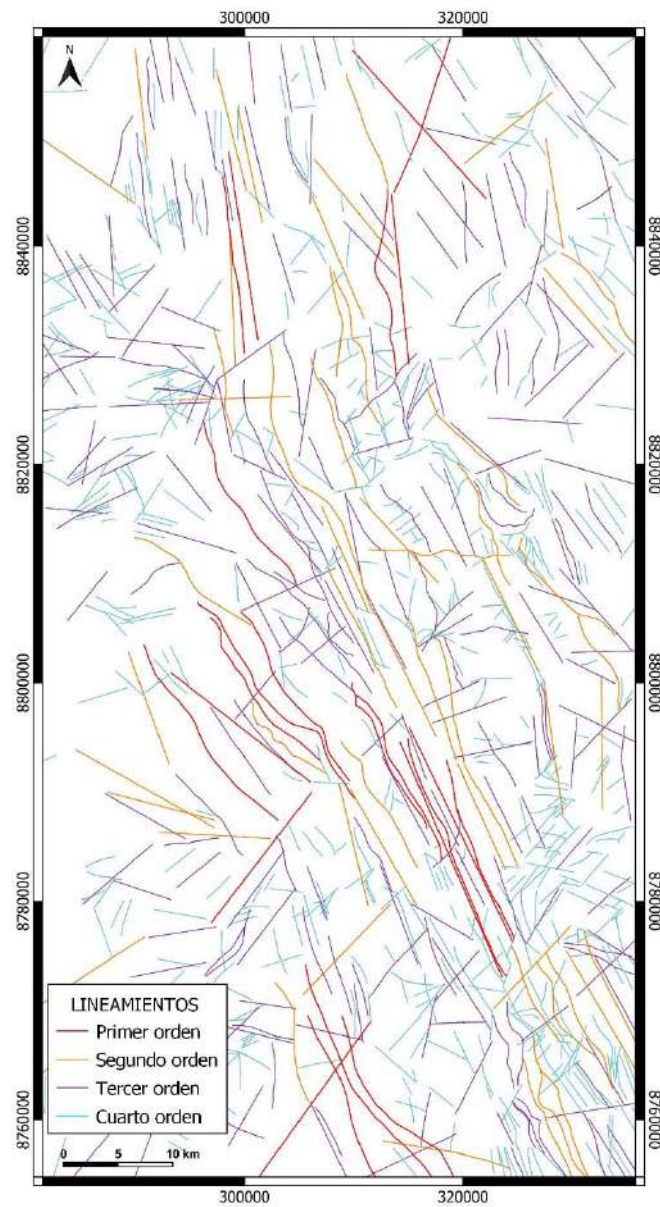


Figura 21. Mapa de lineamientos estructurales por orden de lineamiento.

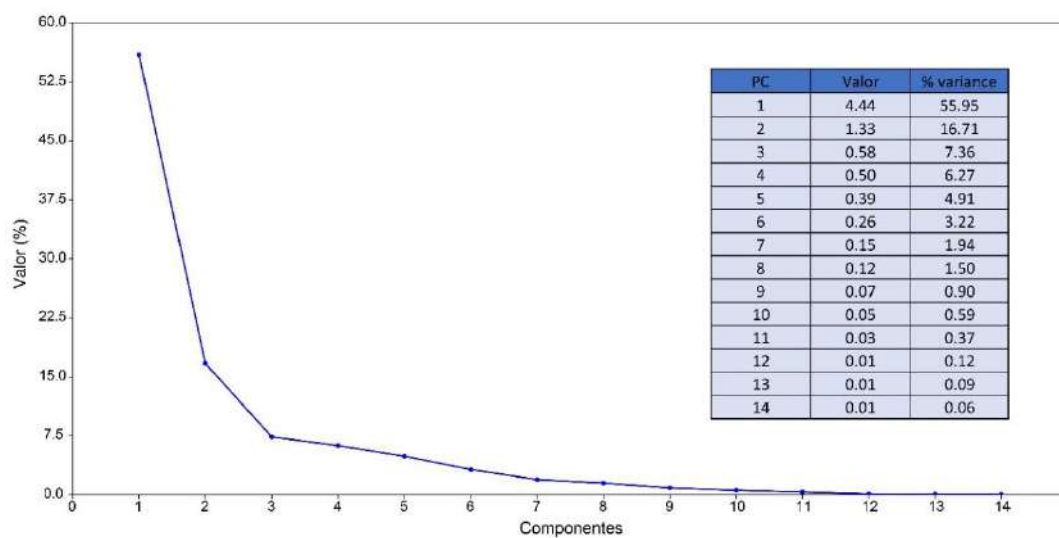


Figura 22. Gráfico de sedimentación de la varianza de los componentes principales.

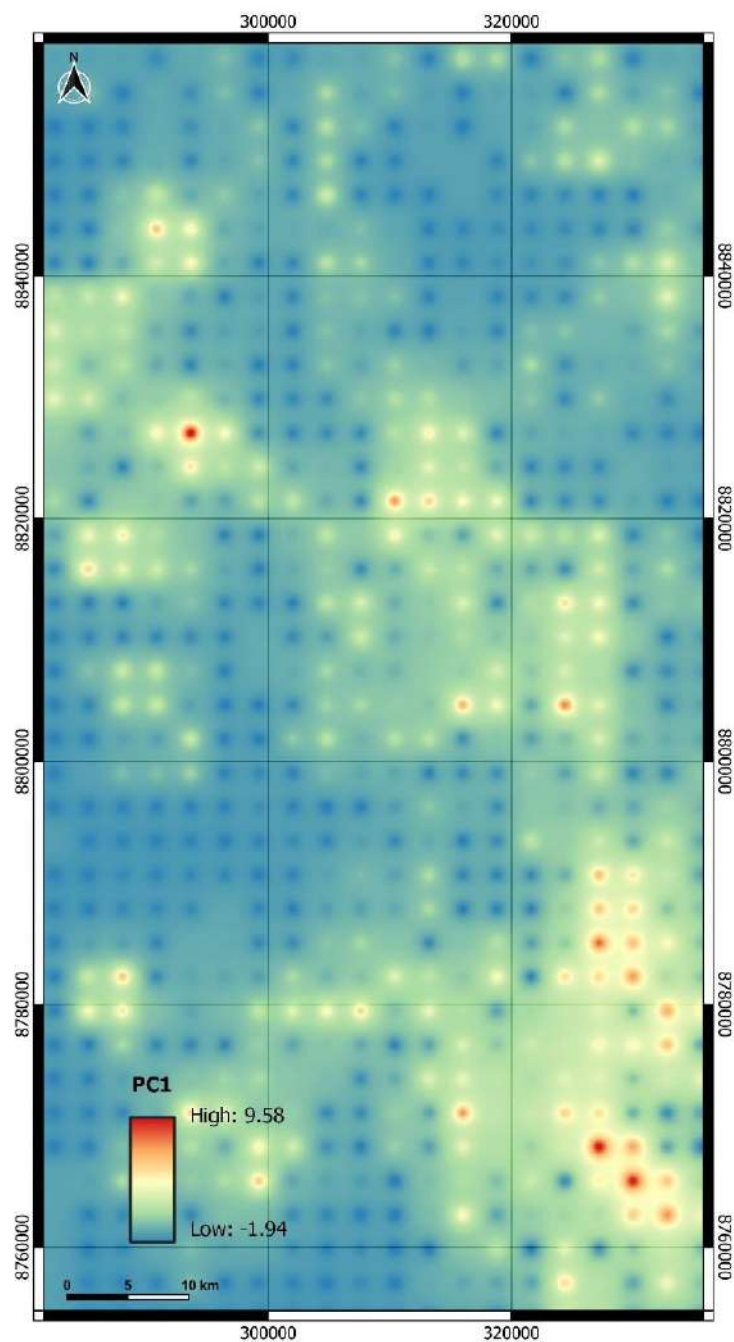


Figura 23. Mapa de densidad por el método de Análisis de componentes principales.

5.1.5. Mapa de lógica difusa de lineamientos estructurales

Para realizar este mapa de prospectividad *Fuzzy* o mapa de superposición difusa se usó los raster reclasificados mediante pertenencia difusa de los de densidad de lineamientos que se generó por diferentes métodos (Figuras 25a y b).

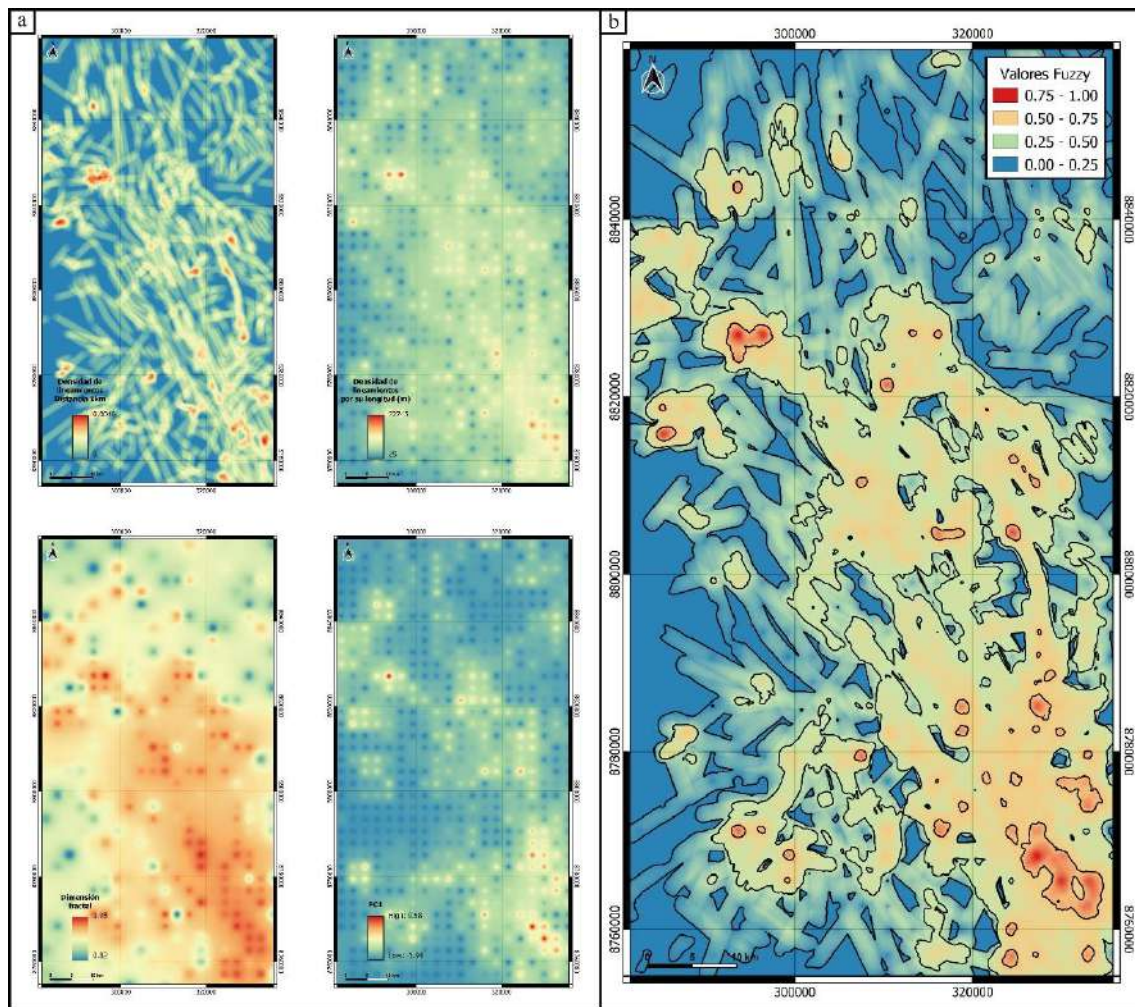


Figura 24. Mapas reclasificados mediante pertenencia difusa (a). Mapa de prospectividad Fuzzy (b).

5.2. ANÁLISIS DE LA IMAGEN SATELITAL TIPO ASTER

En este estudio de investigación se utilizó imágenes satelitales tipo ASTER L1B, correspondientes al año 2006, cuya área de estudio es aproximadamente 5824 km² y poseen 14 bandas. En color cuasi verdadero (Figura 26), las zonas con vegetación son de tonalidad roja y se ubican principalmente al NE del área de estudio; las zonas con nieve son de color blanco y se ubican al Norte en la Cordillera de Huayhuash y en los nevados Checche y Pichuycocha; y al NE se tiene pequeñas porciones de nubes.

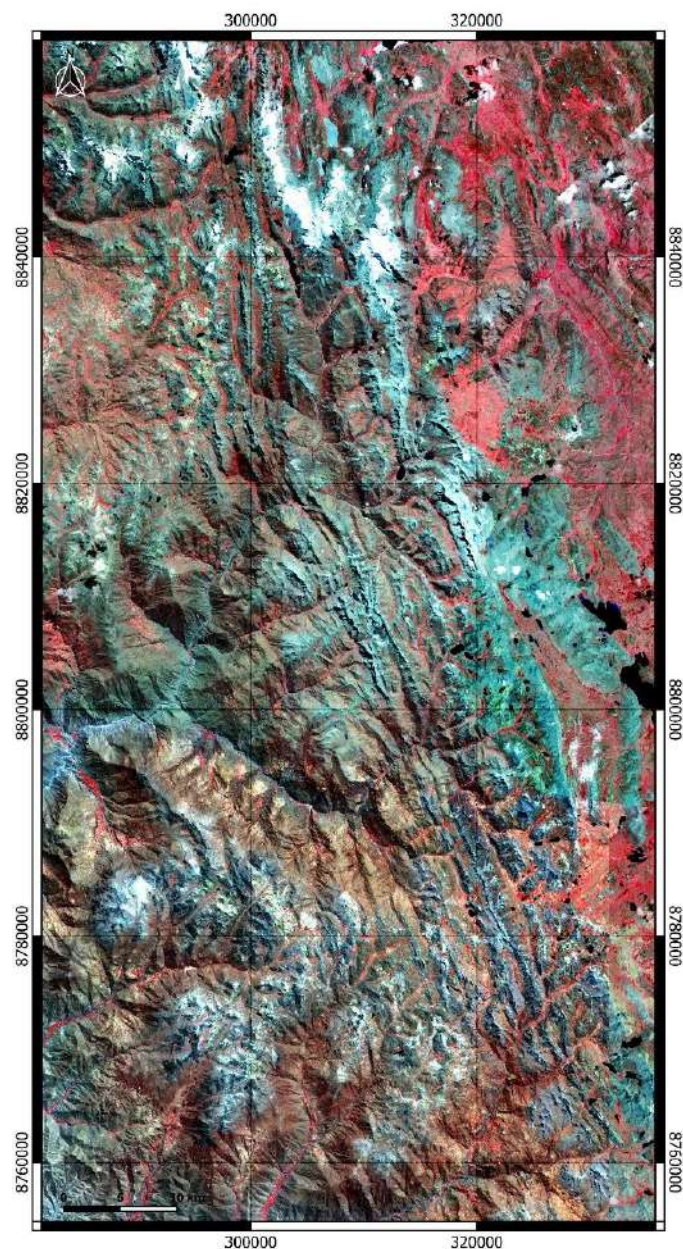


Figura 25. Imagen satelital ASTER L1B.

5.2.1. Aplicación de Máscaras

Con la finalidad de discriminar áreas que puedan generar errores durante la interpretación de los espectros de reflectancia en zonas de alteración hidrotermal, se aplicaron máscaras de vegetación, agua, nieve y nubes (Figura 27), que ocupan aproximadamente un área de 484 km² y representa un 8% del área de estudio.

5.2.2. Combinación de Bandas

Para reconocer zonas de alteración de manera preliminar, se realizó diferentes combinaciones de bandas (RGB):

RGB: 468.

La combinación RGB: 468 (Hunt & Salisbury, 1970) nos permite identificar en color verde, zonas de alteración propilítica y en color magenta a rosado claro, zonas de alteración argílica (Figura 28a).

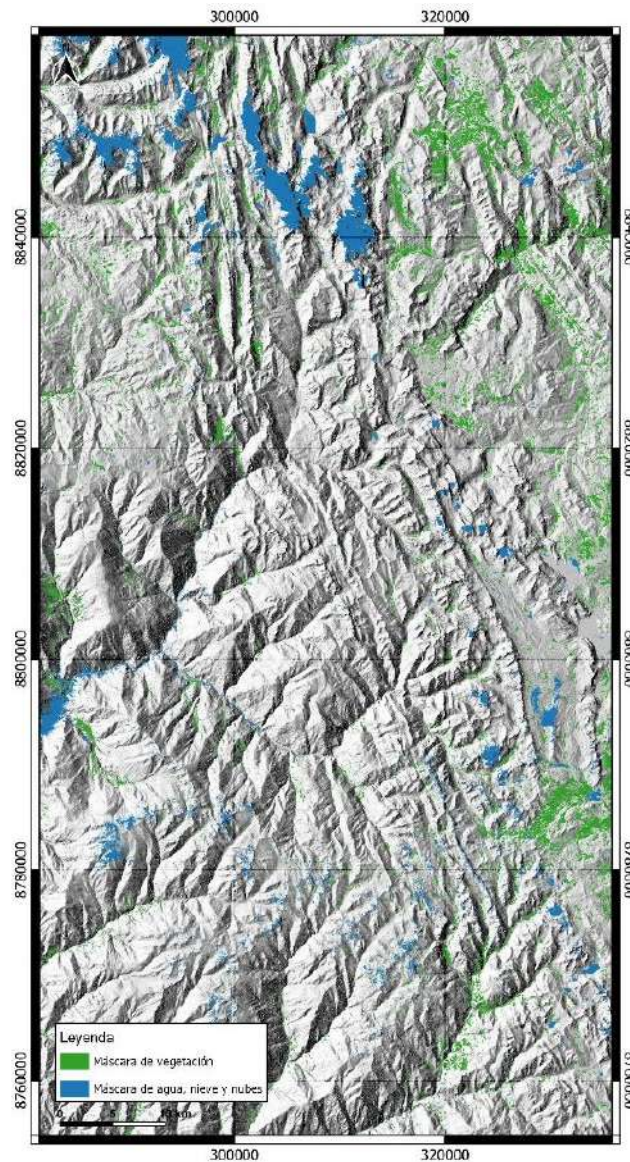


Figura 26. Aplicación de máscaras sobre el área de estudio. Máscara de vegetación en color verde, máscara agua, nieve y nubes en color azul.

RGB: 461.

La combinación RGB 461 (Tommaso y Rubinstein, 2005) nos permite identificar en color magenta a rosado claro, zonas de alteración argílica y amarillo pálido, zonas de óxido (Figura 28b).

RGB: 943.

Esta combinación RGB: 943 (Hunt y Salisbury, 1970) nos permite identificar en color verde, zonas de alteración propilítica y en color amarillo pálido, zonas de óxidos (Figura 28c).

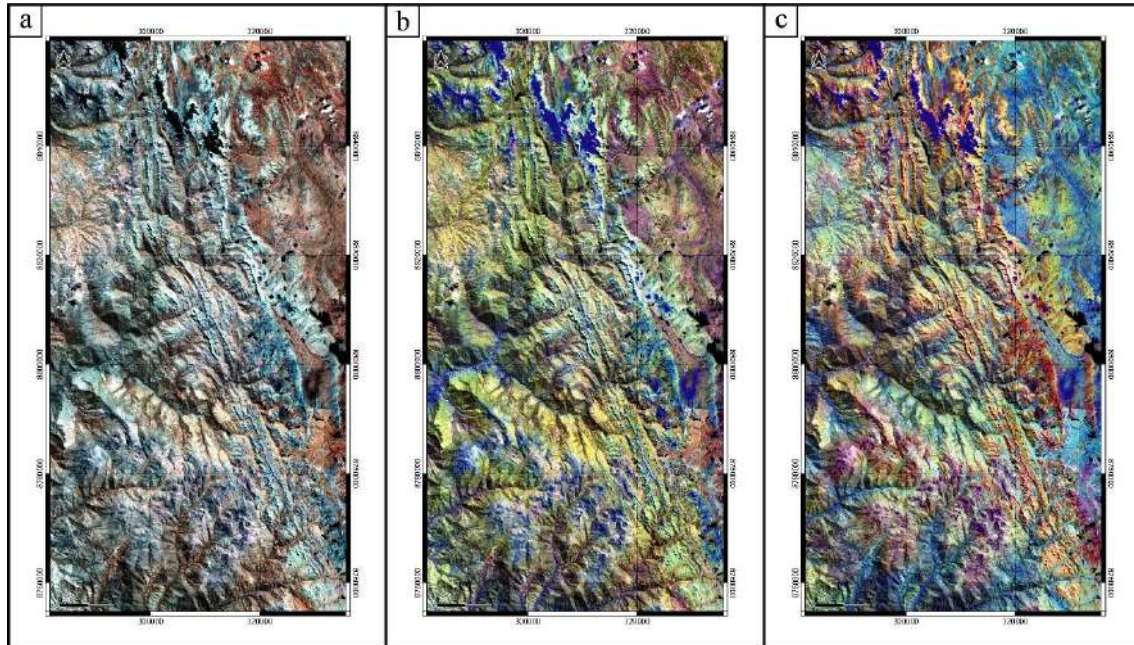


Figura 27. Combinaciones de bandas RGB a) 468, b) 461 y c) 943.

RGB: 4/6 4/7 3/1.

La combinación RGB: 4/6 4/7 3/1 (Tommaso y Rubinstein, 2007) nos permite identificar en color anaranjado, zonas de alteración Argílica (Figura 29a).

RGB: 4/5 4/6 4/7.

La combinación RGB: 4/5 4/6 4/7 (Tommaso y Rubinstein, 2005) nos permite identificar en color verde, zonas de alteración Argílica (Figura 29b).

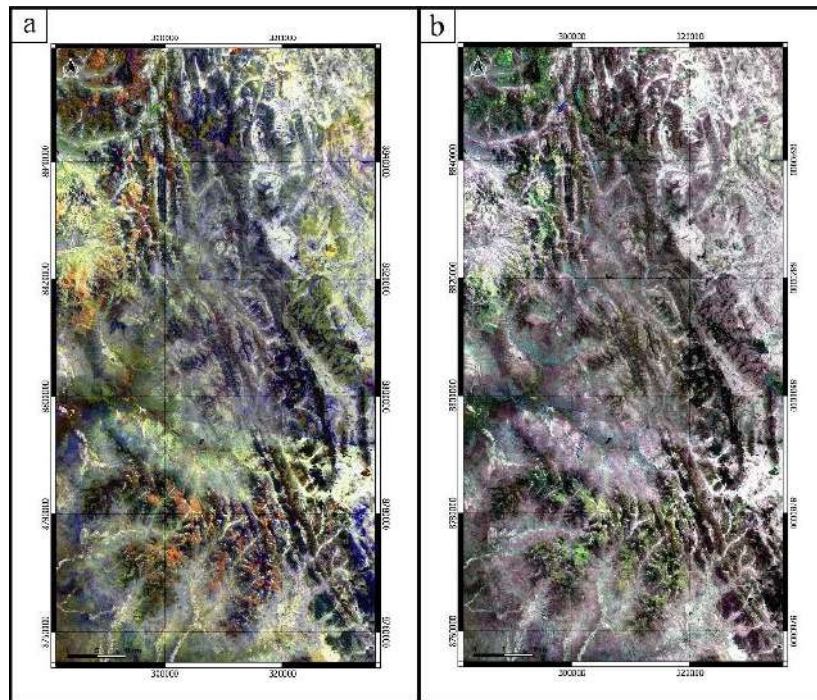


Figura 28. Combinaciones de bandas RGB a) 4/6 4/7 3/1 y b) 4/5 4/6 4/7.

5.2.3. Cociente de Bandas

Cociente: $(5+7)/6$ (Rowan et al, 2003).

Este cociente resalta las características de la alteración filica – argílica (Figura 30a), ya que los minerales representativos de esta alteración son la sericita, illita y esmectita.

Banda: 5 (Mars y Rowan, 2010).

Esta banda resalta las características de la alteración argílica (Figura 30b), ya que los minerales representativos de esta alteración son la caolinita, illita y montmorillonita.

Cociente: $4/6$ (Van der Meer et al., 2012)

Este cociente resalta las características de la alteración de argílica avanzada (Figura 30c), ya que los minerales representativos de esta alteración son la alunita, dickita y arcillas (caolinita, illita y montmorillonita).

Cociente: $(4*2)/3$ (Rowan et al, 2003).

Este cociente resalta las características de la zona de Gossan (Figura 30d), ya que los minerales representativos de esta zona son la hematita y goetita.

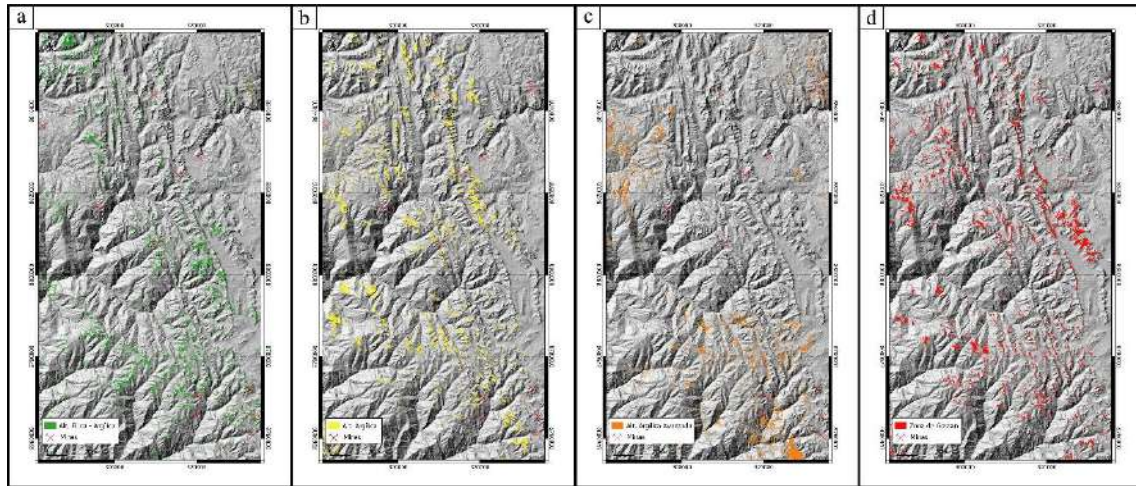


Figura 29. Cociente de banda, a) $(5+7)/6$ - Alt. Filica – Argílica. Banda b) 5 - A. Argílica. c) $4/6$ – Alt. Argílica avanzada. d) $(4*2)/3$ – Zona de Gossan.

6. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIONES

6.1. LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

Para generar zonas prospectivas en base a lineamientos estructurales se han utilizado 4 técnicas:

- Densidad de la línea (Peso e influencia).
- Densidad por la longitud del lineamiento.
- Densidad por fractales (Análisis fractal de conteo de cajas).
- Densidad por análisis de componentes principales.

Estas técnicas se han realizado con la finalidad de poder interpretar zonas con mayor intensidad e intersección de estructuras que son favorables para controlar el flujo de fluido hidrotermal y generar depósitos minerales que pueden ser importantes económicamente en el área de estudio.

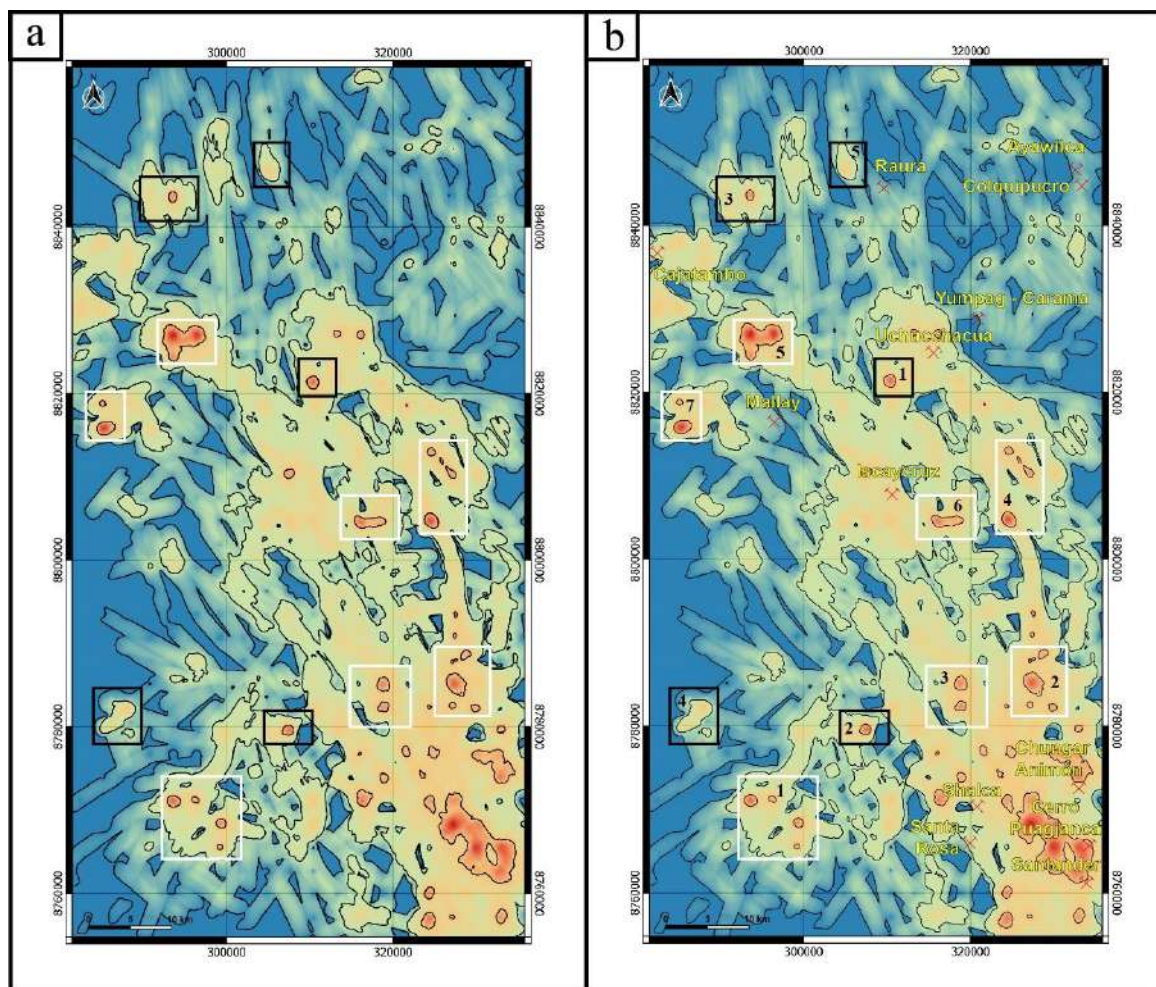


Figura 30. Mapa de nuevas áreas de interés en el mapa de prospectividad Fuzzy (a). Ubicación de los depósitos minerales (b).

A partir de las 4 técnicas realizadas se generó el mapa de prospectividad *Fuzzy* y se determinaron 12 nuevas áreas de interés (Figura 31), donde los rectángulos de color blanco son zonas de mayor interés que los de rectángulo de color negro, también se han enumerado en orden de importancia. Se observa una clara correlación entre los depósitos conocidos y los sectores más destacados de prospectividad *Fuzzy*, lo que valida los resultados obtenidos.

6.2. ALTERACIONES HIDROTERMALES

Para generar zonas prospectivas se ha utilizado 2 técnicas. Combinación de RGB de bandas y cocientes de bandas en donde se reconoció de manera general alteración argílica y óxidos principalmente. También se usó cociente de bandas y bandas para determinar las siguientes alteraciones como son filica – argílica, argílica, argílica avanzada y zonas de Gossan.

En base a las alteraciones reconocidas y zonas de Gossan se ha reconocido 9 nuevas áreas de interés, que están delimitadas por rectángulos de color negro (Figura 32).

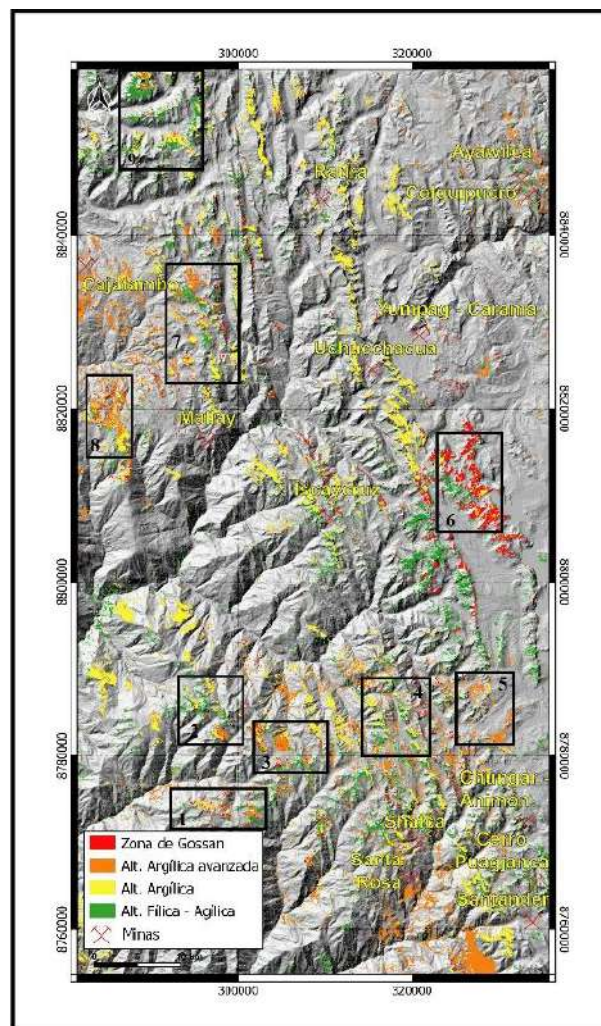


Figura 31. Mapa de nuevas áreas de interés a partir de las alteraciones determinadas en las imágenes Aster.

En base a los lineamientos se ha logrado determinar zonas de interés para la prospección de yacimientos minerales, teniendo en cuenta que las estructuras pueden influir fuertemente en el flujo de fluidos (Faulkner et al., 2010; Volatili et al., 2019; Dimmen et al., 2020). Por ese motivo se ha caracterizado la geometría y conectividad de los lineamientos estructurales en base a su longitud, intersección e intensidad de lineamientos (Nyberg et al., 2018; Sanderson et al., 2018). Pero cabe mencionar que las estructuras pueden estar selladas debido a la matriz que contengan y esto nos va a representar barreras para el paso de los fluidos (Shipton et al., 2005; Missenard et al., 2014). Además, la orientación de las estructuras versus el campo de deformación puede generar zonas abiertas (conductoras) y zonas cerradas (no conductoras), como se ilustra en la Figura 33. Por lo tanto, las estructuras pueden actuar como conducto o barreras para el flujo de fluidos. Esto quiere decir que las zonas aparentemente prospectables podrían ser zonas de conductos de fluidos o barrera de fluidos.

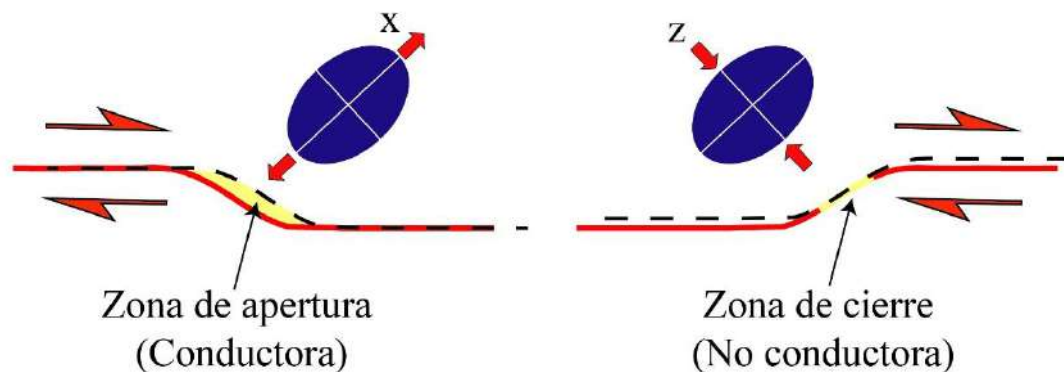


Figura 32. Falla de movimiento dextral generando en sus inflexiones zonas de apertura y cierre asociado al campo de deformación que rige su movimiento. Modificado de Twiss y Moores (2007).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y para validar las zonas prospectables obtenidos a partir de los lineamientos estructurales, se trabajó con imágenes Aster para determinar zonas de alteración hidrotermal y contrastar que las zonas prospectables son estructuras abiertas y no selladas. Con la finalidad de poder tener conductos y zonas abiertas importantes para poder albergar algún depósito mineral económico. También cabe mencionar que las alteraciones obtenidas con las imágenes Aster han sido contrastadas y validadas con las alteraciones de la base de datos de anomalías espectrales obtenidas a partir de imágenes LANDSAT 8 (sensor OLI) realizado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Figura 34).

También se reconoce que la alteración argílica y zonas de Gossan siguen la tendencia estructural lo que no indica que hay de manera directa una relación entre flujo de fluidos y los lineamientos estructurales; y estos deben delimitar las zonas abiertas y no selladas que son zonas importantes para el emplazamiento de depósitos minerales económicos.

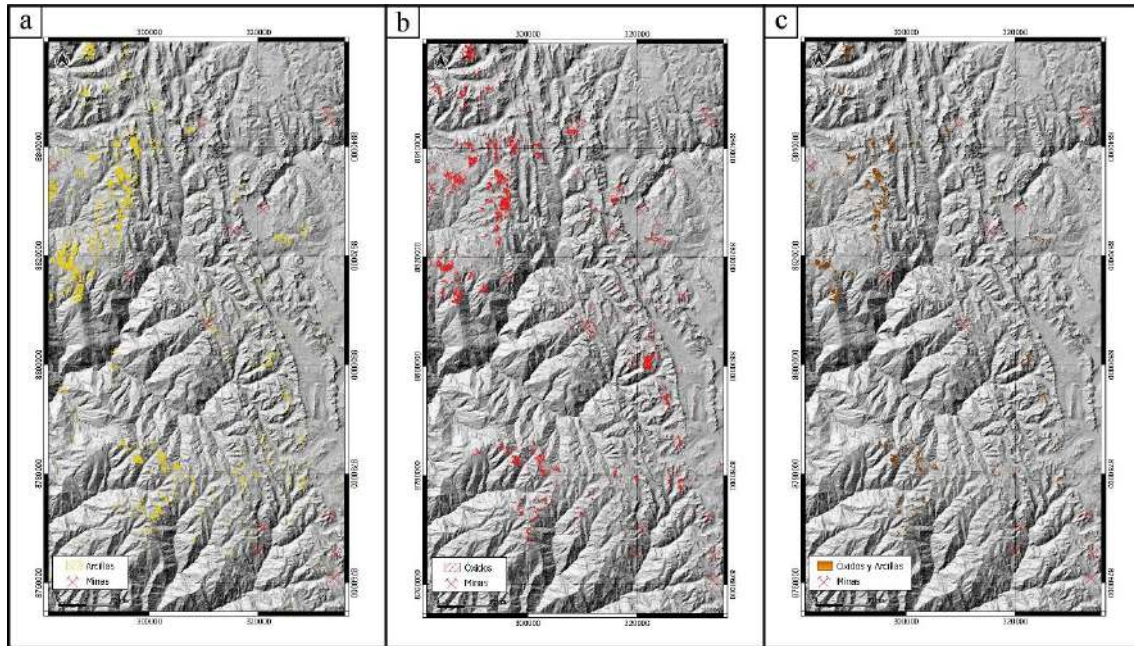


Figura 33. a) Zonas de arcillas. b) Zonas de óxidos. c) Zonas de intersección de Arcillas y óxidos.

Teniendo en cuenta los mapas de prospectividad determinado por los lineamientos (Figura 35a) y por las alteraciones hidrotermales (Figura 35b) se determinaron un total de 9 áreas prospectables (Figura 35c), excluyendo las zonas que presentan depósitos conocidos. Es relevante destacar que de las 7 zonas de mayor interés delimitados en cuadro blanco del mapa de prospectividad de lineamientos estructurales (Figura 35a), la zona 6 se descartó por no tener inicios de alteración hidrotermal y las zonas 1, 3 y 5 delimitados en cuadro negro de interés secundario se descartaron por no tener indicios de alteración hidrotermal y como se ha discutido antes, son posiblemente estructuras cerradas y selladas que han impedido el paso de los fluidos hidrotermales.

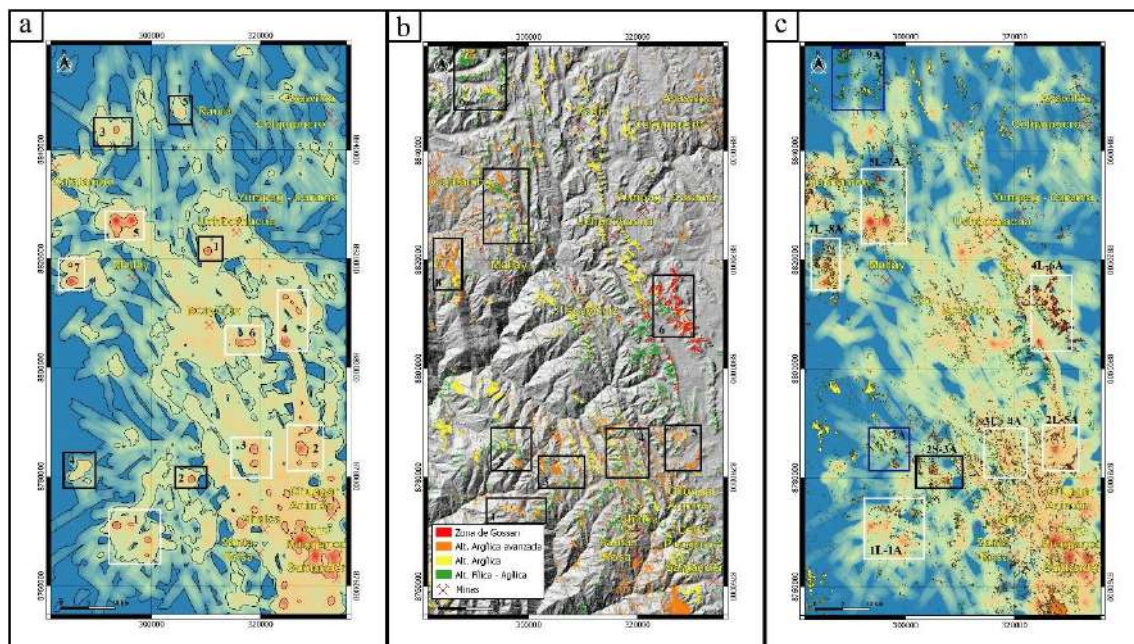


Figura 34. Mapa de prospectividad determinado por los lineamientos estructurales (a). Mapas de prospectividad determinado por las alteraciones hidrotermales (b). Mapa de zonas de interés determinado a partir de los dos mapas prospectivos (c).

Se resalta del trabajo que 6 zonas de alto interés estructural determinado por los lineamientos estructurales coincidieron con las zonas delimitadas de interés de las alteraciones hidrotermales (cuadros blancos, Figura 35c) y una zona de menor interés estructural determinado por los lineamientos estructurales coincide con las zonas delimitadas de interés de las alteraciones hidrotermales (cuadro negro, Figura 35c), y, además, se delimitaron dos zonas interesantes por las alteraciones reconocida en este estudio (cuadro Azul, Figura 35c).

Cabe mencionar que la efectividad de los lineamientos estructurales es alta, pero se debe complementar con las zonas de alteración, para poder entender si estas estructuras son abiertas, cerradas, selladas o no selladas. También cabe resaltar que lo que se realizó se puede complementar con geoquímica de sedimentos de quebradas y reconocer o descartar zonas teniendo en cuenta si se logra reconocer anomalías importantes en estas zonas.

Zonas de interés 1L-1A, 2A y 2S-3A

Se ubica en el sector suroeste del área de estudio, entre los poblados de Tingo y Tanquis (Figura 36). La litología corresponde a andesitas, dacitas y riolitas del Grupo Calipuy. Presentan alteración argílica intermedia, avanzada y alteración filica – argílica. Estructuralmente, se encuentran asociadas al sistema de fallas normales Conchao-Cocachacra. Presentan posible potencial de mineralización de tipo epitermal debido a la asociación de alteraciones hidrotermales.

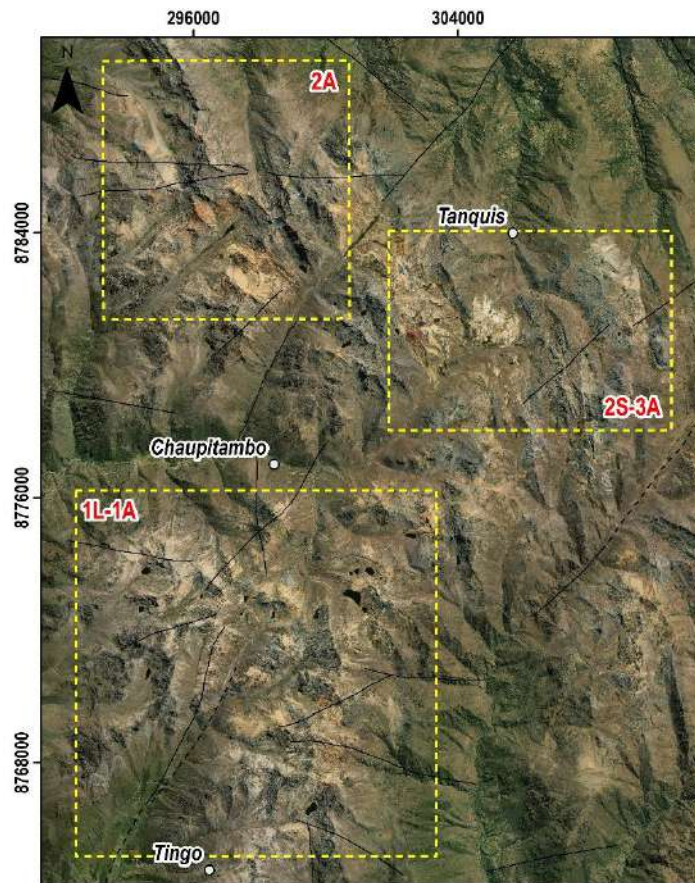


Figura 35. Zonas de interés 1L-1A, 2A y 2S-3A.

Zonas de interés 2L-5A y 3L-4A

Abarcan la zona sur oriental, entre las localidades de Tambo y Pucara (Figura 37). Litológicamente están asociadas a la secuencia sedimentaria del Cretácico y a rocas volcánicas del Grupo Calipuy. Presentan alteración argílica intermedia, avanzada y alteración filica – argílica. La estructura principal en el sector corresponde a fallas inversas de la Faja Plegada y Corrida del Marañón. Es un posible *target* de exploración por depósitos tipo pórfido y skarn debido a la asociación de alteraciones hidrotermales.

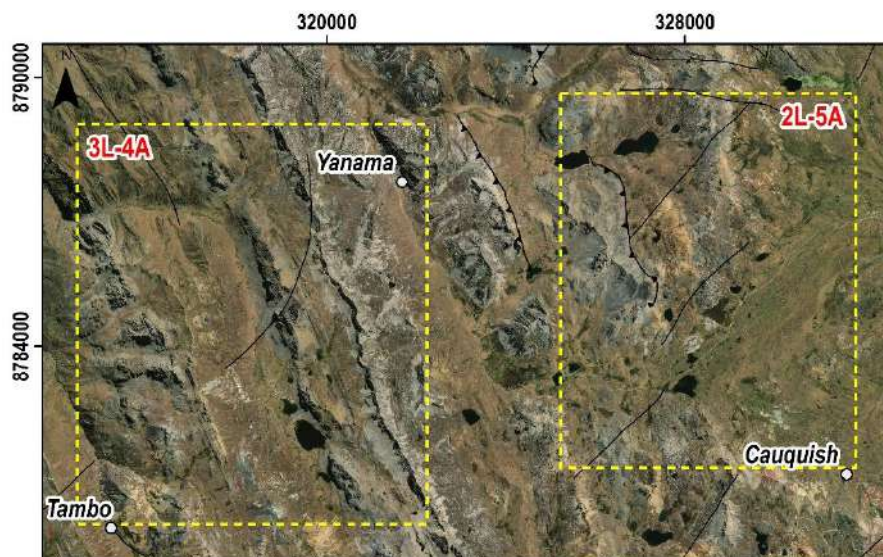


Figura 36. Zonas de interés 2L-5A y 3L-4A.

Zona de Interés 4L-6A

Se ubica en el sector este del área de estudio, entre las localidades de Taptapa y Hututupucro (Figura 38), a 12 km al este de la mina Iscaycruz. La litología corresponde principalmente a calizas y margas de las formaciones Jumasha y Celendín, con presencia de afloramientos restringidos de rocas volcánicas del Grupo Calipuy. Presenta alteración fílica, argílica y una extensa zona de gossan. Está asociado a fallas inversas de dirección andina. Presenta posible potencial por mineralización de tipo epitermal.

Zonas de Interés 5L-7A y 7L-8A

Se ubica en el sector oeste del área de estudio, entre las localidades de Palca y Minas Chanca (Figura 39). Están asociadas a rocas carbonatadas del Cretácico y rocas volcánicas del Grupo Calipuy. Presentan alteración argílica intermedia, avanzada y alteración fílica – argílica. Estructuralmente, están asociadas a fallas normales de dirección NO-SE y NE-SO. Por la asociación de las alteraciones hidrotermales presentan posible potencial por mineralización de tipo epitermal y pórfido. En este sector, se ha reportado ocurrencias de mineralización en vetas polimetálicas (Fuente: Geocatmin).

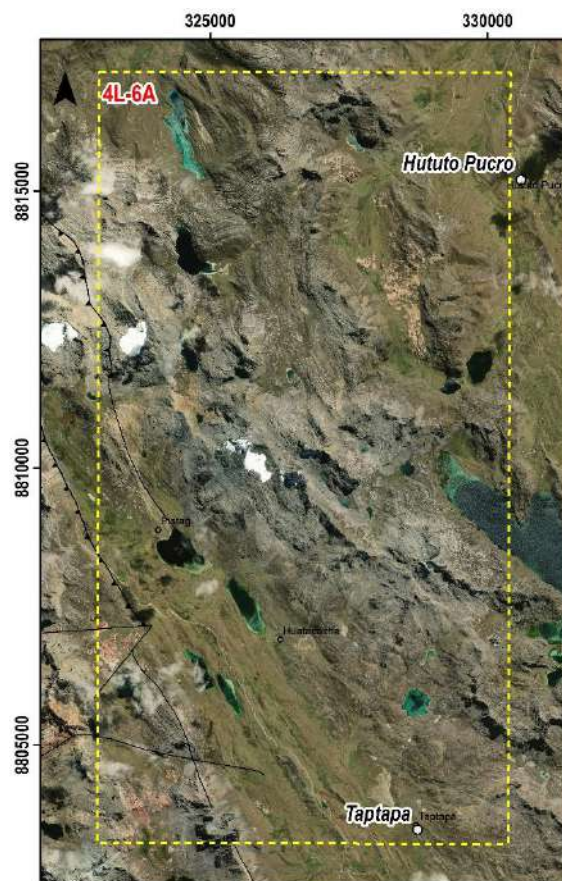


Figura 37. Zona de interés 4L-6A

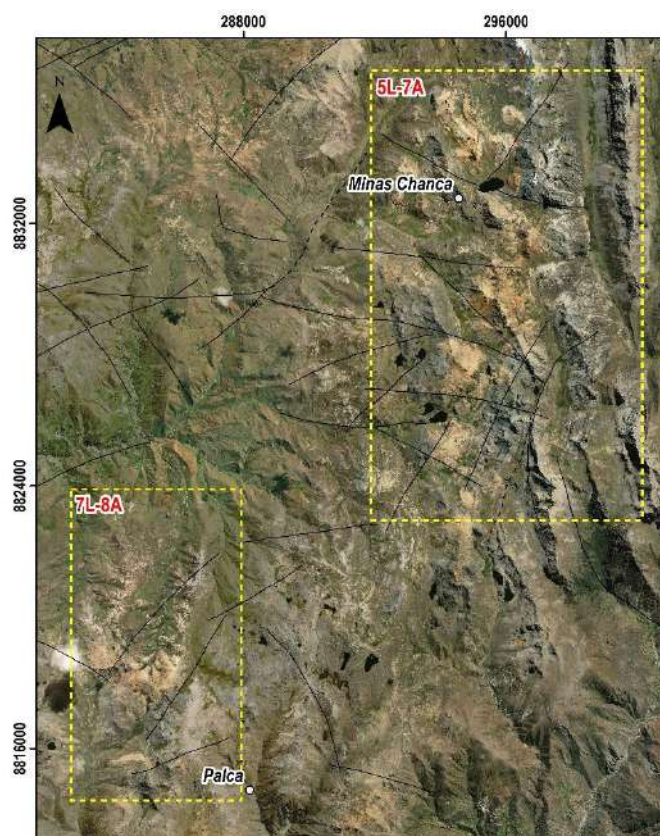


Figura 38. Zonas de interés 5L-7A y 7L-8A.

Zona de Interés 9A

Es la zona de interés más septentrional, se ubica entre los poblados de Ogomina y Matiraqui (Figura 40). En el sector afloran rocas sedimentarias del Cretácico y rocas volcánicas pertenecientes al Grupo Calipuy. Presenta alteración fílica y argílica intermedia. Se encuentra asociada a estructuras de tipo normal. Presenta posible potencial por depósitos tipo pórfido y epitermal, debido a la asociación de alteraciones hidrotermales halladas.

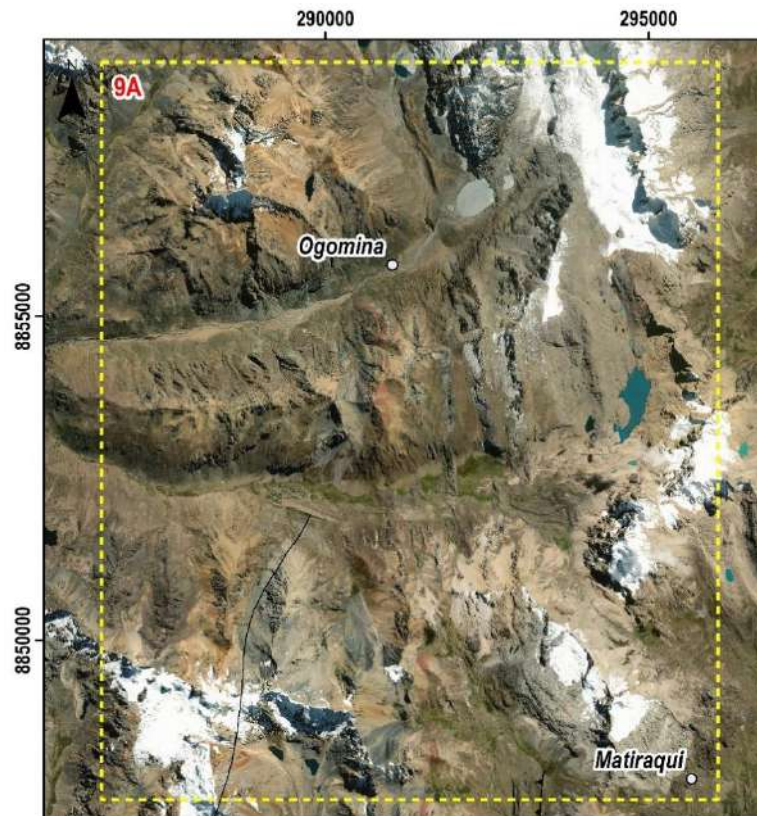


Figura 39. Zona de interés 9A.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la teledetección resultó ser una herramienta fundamental en el análisis de lineamientos estructurales y la identificación de alteraciones hidrotermales. Esta metodología permitió integrar diferentes fuentes de información geológica, lo que facilitó la definición de seis zonas con alto potencial prospectivo. Estas zonas se caracterizan por alteraciones hidrotermales relacionadas con estructuras abiertas o no selladas, lo que sugiere la posibilidad de un transporte eficiente de fluidos hidrotermales, factor clave para la mineralización. Además, se delimitaron tres zonas adicionales con un potencial intermedio, lo que refuerza el enfoque integral de la prospección. La relevancia de estas áreas radica en su posible asociación con depósitos epitermales, pórfidos y skarn, tipos de depósitos minerales importantes que suelen estar ligados a eventos magmáticos e hidrotermales en rocas volcánicas del Grupo Calipuy. Las alteraciones hidrotermales que se identificaron incluyen alteración fílica, argílica intermedia y avanzada, así como la presencia de zonas de Gossan, lo cual es un indicador clave de la proximidad a cuerpos mineralizados.
- El análisis estructural, basado en teledetección, se llevó a cabo mediante la aplicación de cuatro métodos complementarios: densidad de líneas, densidad por longitud de lineamientos, densidad fractal y análisis de componentes principales. Estos métodos fueron integrados de manera efectiva para generar un mapa de prospectividad utilizando el método Fuzzy. Este enfoque permitió identificar áreas donde las estructuras geológicas presentan mayor intensidad de lineamientos y, en particular, zonas con intersecciones de estructuras que actúan como corredores favorables para el flujo de fluidos hidrotermales. Estas estructuras son de suma importancia en la formación de depósitos minerales, ya que controlan el transporte y la deposición de los minerales. El análisis reveló doce áreas de interés, varias de las cuales están localizadas en los mismos corredores estructurales de yacimientos conocidos en el área de estudio, lo que refuerza la validez del modelo prospectivo utilizado y su aplicabilidad a otras áreas similares.
- La utilización de imágenes satelitales tipo Aster, a través de combinaciones y cocientes de bandas espectrales, permitió una identificación precisa de zonas con alteraciones hidrotermales de tipo fílica-argílica, argílica avanzada y zonas de Gossan. Estas alteraciones están típicamente asociadas a la presencia de sistemas hidrotermales que transportan metales valiosos, lo que aumenta el potencial de estas áreas para la exploración minera. En total, se definieron nueve áreas con alto potencial exploratorio para la presencia de yacimientos metálicos, cuya identificación está respaldada por la distribución y el

agrupamiento de las alteraciones hidrotermales detectadas. Esta metodología no solo refuerza la eficacia de la teledetección en la exploración geológica, sino que también facilita la delimitación de áreas prioritarias para trabajos de campo más detallados.

- Un aspecto destacable del análisis es que las zonas de alto potencial prospectivo se encuentran en la misma franja estructural y siguen la misma tendencia que depósitos de importancia económica bien conocidos, tales como Raura, Uchucchacua, Iscaycruz, Santander, Ayawilca y Chungar-Animón. Esto no solo confirma la validez del enfoque metodológico empleado, sino que también sugiere una posible extensión de los sistemas mineralizados existentes en la región, lo que abre nuevas oportunidades para la exploración. El alineamiento de las zonas prospectivas con yacimientos reconocidos respalda la robustez del modelo geológico desarrollado, y plantea nuevas áreas para el desarrollo de proyectos mineros a futuro.

RECOMENDACIONES

- Complementar este estudio con análisis geoquímico de muestra de sedimentos fluviales de la información que se encuentra de manera libre y gratuita de INGEMMET con la finalidad de delimitar mejor los targets obtenidos en este estudio.
- Utilizar las bandas del subsistema TIR para la identificación de minerales silicatados y calcosilicatados, ya que se tienen en la zona de estudio importantes yacimientos tipo skarn y de reemplazamiento (Uchucchacua, Iscaycrus, Raura entre otros).
- Realizar las técnicas PCA (Análisis de componentes principales), SAM (*Spectral Angle Mapper*), SID (*Spectral Information Divergence*), LSU (*Linear Spectral Unmixing*) o el MTMF (*Mixture Tuned Matched Filtering*) para completar mejor las alteraciones reconocidas en este estudio.
- Determinar alteraciones no solo con las imágenes Aster, sino también con otras imágenes satelitales como Landsat 8 OLI y Sentinel 2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmadi, H., & Pekkan, E. (2021). Fault-Based Geological lineaments extraction using remote sensing and GIS-A review. *Geosciences*, 11(5), 183. <https://doi.org/10.3390/geosciences11050183>
- Benavides, V. (1956). Cretaceous system in northern Peru. *American Museum of Natural History Bulletin* (108), 352-494.
- Cheng, T. & Molenaar, M. (1999). Objects with fuzzy spatial extent. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65, 797-802.
- Chiba, T., Kaneta, S.I., Suzuki, Y. (2008). Red relief image map: New visualization method for three dimensional data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37 (B2), 1071-1076. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.644.2038&rep=rep1&type=pdf>
- Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos De Teledetección Espacial* (2da Edición). Ediciones Rialp: Madrid, España.
- Coba, L., Soaña, J., Huachaca, C., Rodríguez, R. (2022). Geología de los cuadrángulos de Yanahuanca (21j1, 21j2, 21j4) y Oyón (22j1). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000)
- Cobbing, E.J., Pitcher, W.S. & Garayar, J. (1973). Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. *Serv. Geol. Min., Boletín* 26, 172 p.
- Cobbing, E.J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 76, 297 p.
- Cox, E. (1994). *The Fuzzy Systems Handbook*. Academic Press. San Diego, CA, EEUU. 625 pp.
- Dalmayrac, B., Laubacher, G. & Marocco, R. (1977). *Géologie des Andes Péruviennes: caracteres generaux de l'evolution géologique des Andes Peruviennes* (Tesis). Montpellier, 36pp.
- Das, S., Pardeshi, S. D., Kulkarni, P., & Doke, A. (2018). Extraction of lineaments from different azimuth angles using geospatial techniques: a case study of Pravara

- Dimmen, V., Rotevatn, A., & Nixon, C. W. (2020). The Relationship between Fluid Flow, Structures, and Depositional Architecture in Sedimentary Rocks: An Example-Based Overview. *Geofluids* (Oxford. Print), 1-19. <https://doi.org/10.1155/2020/3506743>.
- Eastman JR (1997) IDRISI for Windows. Advanced student manual. Ver. 2.0. Clark University. Worcester, MA, EEUU. 208 pp.
- Edwards, G., Lowell, K.E. (1996) Modeling uncertainty in photointerpreted boundaries. *Photogram. Eng. Rem. Sensing* 62: 377-391.
- Elizalde, J. (2016). Identificación de zonas de exploración con potencial geotérmico utilizando percepción remota y sistemas de información geográfica, en el occidente del volcán Ceboruco, Nayarit. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22661.45280>
- Faulkner D. R, Jackson C. A. L., Lunn R. J. (2010). “A review of recent developments concerning the structure, mechanics and fluid flow properties of fault zones,” *Journal of Structural Geology*, vol. 32, no. 11, pp. 1557–1575.
- Fisher, P., & Tate, N. (2006). Causes and consequences of error in digital elevation models. *Progress in Physical Geography*, 30(4), 467-489. <https://doi.org/10.1191/0309133306pp492ra>
- Florinsky, I. V. (2012). Digital terrain analysis in soil science and geology (1era Edición). Academic Press. DOI: 10.1016/C2010-0-65718-X
- Foody, G. (1999). The continuum of classification fuzziness in thematic mapping. *Photogram. Eng. Rem. Sensing* 65: 443-451.
- Gopal S, Woodcock C (1994). Theory and Methods for accuracy assessment of thematic maps using fuzzy sets. *Photogram. Eng. Rem. Sensing* 60: 181-188.
- Hunt, G. L. y Salisbury, J. W. (1970). Visible and near infrared spectra of minerals and Rocks: I Silicate Minerals. *Modern Geology*, vol. 1 : 283-300.
- Hyann, P., Naga, C., Talnan, C., honoré, J., y Issiaka, S. (2016). Characterization of error on a digital elevation model (DEM) Based on morphological zones: Case of the Dengué District (North-west of Côte d’Ivoire), *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 16, no. 1, pp. 84–93.

- Jordán, G., & Schott, B. (2005). Application of Wavelet analysis to the study of spatial pattern of morphotectonic lineaments in digital terrain models. A case study. *Remote Sensing of Environment*, 94(1), 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.08.013>
- Lillesand, T. M.; kiefer, R. W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3rd Ed, Jhon Wiley and Sons, Inc., Hoboken, 750.
- Loughlin, W. P. (1991). "Principal component analysis for alteration mapping", *Photogramm. Eng. Remote. Sens.*, vol. 57, p.1163-1169.
- Mandelbrot, BB. (1977). *Fractales: forma, posibilidades y dimensiones*; WH Freeman: Nueva York, NY, EE.UU. págs. 1–23.
- Mamani, T. (2017). *Aplicación de imágenes ASTER en la detección de zonas de alteraciones hidrotermales, sector Titire, Carumas, Moquegua*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú, 181p.
- Mars JC, Rowan LC. (2010). Spectral assessment of New ASTER SWIR surface reflectance data products for spectroscopic mapping of rocks and minerals. *Remote Sens Environ.* 114(9):2011–2025.
- Mather, P. M. (2011). *Computer Processing of Remotely-Sensed Images* Computer Processing of Remotely-Sensed Images, Fourth Edition. Ltd: Chichester, UK,
- Mégard, F. (1968). Geología del cuadrángulo de Huancayo. *Boletín del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Serie A: Carta Geológica Nacional*, Vol. 18, 123 pp.
- Metternicht G (1999). Change detection assessment using fuzzy sets and remotely sensed data: an application of topographic map revision. *J. Photogram. Rem. Sensing.* 54: 221-233.
- Miller, A. E., & Zerbini, P. (2015). Economic Benefits of LiDAR for Mineral Exploration in Developing Countries. *Journal of Applied Remote Sensing*, 9(1), 097101.
- Missenard Y., Bertrand A., Vergely P., Benedicto A., Cushing M. E., Rocher M. (2014). "Fracture-fluid relationships: implications for the sealing capacity of clay layers—insights from field study of the Blue Clay formation, Maltese islands," *Bulletin de la Societe Geologique de France*, vol. 185, no. 1, pp. 51–63.
- Molenaar M, Cheng T (2000). Fuzzy spatial objects and their dynamics. *J. Photogram. Rem. Sensing.* 55: 164-175.

- Muller SV, Walker DA, Nelson FE, Auerbach NA, Bockhelm JG, Guyer S, Sherba D (1998) Accuracy assessment of land-cover map of Kuparuk river basin, Alaska: considerations for remote sensing. *Photogram. Eng. Rem. Sensing* 64: 619-628.
- Nyberg B., Nixon C. W., Sanderson D. J., (2018). "NetworkGT: a GIS tool for geometric and topological analysis of two dimensional fracture networks," *Geosphere*, vol. 14, no. 4, pp. 1618–1634.
- O'leary, D.W.; Friedman, J.D.; Pohn, H.A (1976). Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms: Discussion. *Bull. Geol. Soc. Am.* 89, 1463–1469.
- Özpolat, E., Yıldırım, C., Görüm, T. (2020). The Quaternary landforms of the Büyük Menderes Graben System: the southern Menderes Massif, western Anatolia, Turkey, *Journal of Maps*, 16(2), 405-419.
- Patel, A. K., Katiyar, S. K., & Prasad, V. (2016). Performances Evaluation of different open source DEM using Differential Global Positioning System (DGPS). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(1), 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.12.004>
- Podobnikar, T. (2016). Relevant quality of digital elevation models in earth and environmental studies? *International journal of earth & environmental sciences*, 1(1). <https://doi.org/10.15344/2456-351x/2016/106>
- Quispe, J., Carlotto, V., Acosta, J., Macharé, J., Chirif, L., Rivera, R., Romero, D., Huanacuni, D., Rodríguez, R. (2008). Mapa metalogenético del Perú 2008: herramientas esencial para las exploraciones mineras. En: Congreso Peruano de Geología, 14, Lima, 2008. Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6p
- Radaideh, O. M. A., Grasemann, B., Melichar, R., & Mosar, J. (2016). Detection and analysis of morphotectonic features utilizing satellite remote sensing and GIS: An example in SW Jordan. *Geomorphology*, 275, 58–79. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.09.033>
- Ramos, D. A. (7 de Mayo de 2019). Mapping GIS. Obtenido de www.mappinggis.com
- Reitsma, M., Schaltegger, U., Spikings, R., Winkler, W., Carlotto, V. (2010). Constraining the age of the Mitu Group, South-East Peru: U-Pb ages of detrital and igneous zircons. *Geophysical Research Abstracts*, vol.12.
- Riaza, A., (1992). Reflectancia en rocas en función de su litología y fábrica interna. II Cartografía de rocas ígneas en el Complejo de Burguillos del Cerro en el visible y el infrarrojo cercano: reflectancia espectral en el laboratorio y evaluación

- estadística de la misma en mapeador temático relación con imágenes, Boletín Geológico y Minero, 103, n°3: 3-26.
- Rodríguez, F. (2008). Determinación de zonas de alteración hidrotermal mediante imágenes ASTER, Oeste de Cajamarca. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco-Perú, 107p.
- Romero, D., La Torre, O. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón (22-j) - cuadrante III. INGEMMET.
- Rowan, L.C.; Mars, J.C. (2003) Lithologic mapping in the mountain pass, California area using Advanced Spaceborne thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data. Remote Sens. Environ. 84, 350–366.
- Ruiz J.R., Prol Ledesma R.M.(1995). Técnicas de procesamiento de imágenes en la exploración de yacimientos minerales dxo origen hidrotermal. Instituto de Geofísica y Postgrado en Geofísica UNAM, 106-137.
- Sabins, F. F. J. R. (1987). Remote Sensing, Principles and Interpretation. W.H. Freeman Company, New York. 494 pp.
- Sáinz, A. M. C., Cortés, A. L., Maestro, A., Soriano, M. A., Riaguas, A., & Bernal, J. (2000). LINDENS: a program for lineament length and density analysis. Computers & Geosciences, 26(9-10), 1011-1022. [https://doi.org/10.1016/s0098-3004\(00\)00017-0](https://doi.org/10.1016/s0098-3004(00)00017-0)
- Sanderson D. J., C. W. Nixon C. W. (2018). Topology, connectivity and percolation in fracture networks. Journal of Structural Geology, vol. 115, pp. 167–177.
- Scherrenberg A. F., Kohn B. P., Holcombe R. J., Rosenbaum G. (2015). Thermotectonic history of the Marañón Fold-Thrust Belt, Peru: Insights into mineralisation in an evolving orogen, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2015.11.00.
- Shan, J., & Toth, C. K. (2009). Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing. CRC Press.
- Shipton Z. K., Evans J. P., Thompson L. B. (2005). “The geometry and thickness of deformation-band fault core and its influence on sealing characteristics of deformation-band fault zones,” AAPG Memoir, vol. 85, pp. 181–195.
- Slob, S., Hack, R., & Turner, A. (2017). LiDAR for Mining Applications: Monitoring, Analysis, and Prediction of Geotechnical and Geological Features. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 95, 33-45.

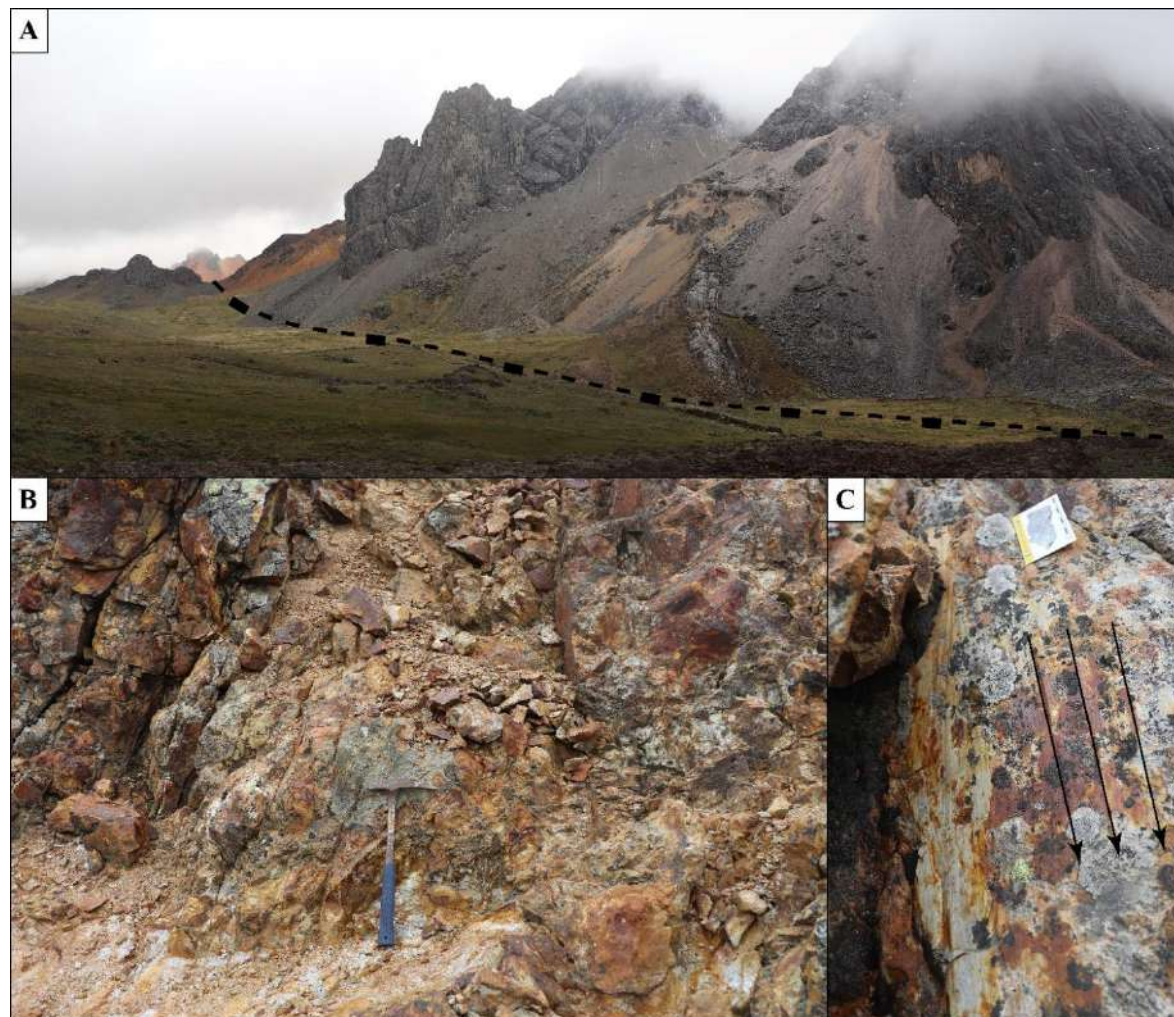
- Sojdehee, Rasa, Nezafati, Vosoughi. (2016). Application of spectral analysis to discriminate hydrothermal alteration zones at Daralu copper deposit, SE Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 41, 1-12.
- Solano, J. D., Despaigne, A. I., & Pearse, J. (2020). Morphotectonic Analysis of the Upper Guajira, Colombia. A GIS and Remote Sensing Approach. *Preprints*, 1, 1-32. <https://www.preprints.org/manuscript/202010.0476/v1>
- Sun, T., Kai-Xing, W., Chen, L., Liu, W., Wang, Y., & Zhang, C. (2017). Joint application of Fractal Analysis and Weights-of-Evidence Method for revealing the geological Controls on Regional-Scale Tungsten Mineralization in Southern Jiangxi Province, China. *Minerals*, 7(12), 243. <https://doi.org/10.3390/min7120243>.
- Tommaso, I. y Rubinstein, N. (2005). Mapeo de alteración hidrotermal a partir de datos Aster en el pórfido de Cu-Mo El Infiernillo, Mendoza, Argentina. *Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiania, Brasil, INPE, p: 1765-1773.
- Tommaso ID, Rubinstein N (2007). Hydrothermal alteration mapping using ASTER data in the Infernillo porphyry deposit, Argentina. *Ore Geol Rev* 32:275–290
- Townley, B. (2001). Metalogénesis: Hidrotermalismo y Modelos de Yacimientos. Universidad de Chile, Departamento de Geología, Santiago de Chile-Chile, p: 5-7.
- Townshend, J. R. G. (1981). The spatial resolving power of Earth resources satellites. *Progress in Physical Geography*, 5(1), 32-55. <https://doi.org/10.1177/030913338100500102>
- Twiss, R. Moores, E. (2007). *Structural Geology*. Second edition. W.H. Freedman and Company. New York, 742 p.
- Van der Meer, F.D.; Van der Werff, H.M.; Van Ruitenbeek, F.J.; Hecker, C.A.; Bakker, W.H.; Noomen, M.F.; Van Der Meijde, M.; Carranza, E.J.M.; De Smeth, J.B.; Woldai, T. (2012). Multi-and hyperspectral geologic remote sensing: A review. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 14, 112–128.
- Volatili T., Zambrano M., Cilona A. (2019). “From fracture analysis to flow simulations in fractured carbonates: the case study of the Roman Valley Quarry (Majella Mountain, Italy),” *Marine and Petroleum Geology*, vol. 100, pp. 95–110.

- Wang F., Brent Hall G., Subaryono (1990). Fuzzy information representation and processing in conventional GIS software: database design and application. *Int. J. Geogr. Sci.* 4: 261-283.
- Warner T., Shank M. (1997). An evaluation of the potential for fuzzy classification of multispectral data using Artificial neural Networks. *Photogram. Eng. Rem. Sensing* 63: 1285-1294.
- Wilson, J., Reyes, L. & Garayar, J. (1967). Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari (Hojas 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-h, 19-i). INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 16, 95 p..
- Woodcock C, Gopal S (2000). Fuzzy set theory and thematic maps: accuracy assessment and area estimation. *Int. J. Geogr. Sci.* 14: 153-172.
- Yokoyama, R., Shirasawa, M., Pike, R.J. (2002). Visualizing topography by Openness: A new application of image processing to digital elevation models. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(3), 257-265. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.451.9798&rep=rep1&type=pdf>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353. [https://doi.org/10.1016/s0019-9958\(65\)90241-x](https://doi.org/10.1016/s0019-9958(65)90241-x)
- Zakhem, B. A., Al-Charideh, A., & Kattaa, B. (2017). Using principal component analysis in the investigation of groundwater hydrochemistry of Upper Jezireh Basin, Syria. *Hydrological Sciences Journal-journal Des Sciences Hydrologiques*, 62(14), 2266-2279. <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1364845>
- Zhang J, Kirby R (1997). An evaluation of fuzzy approaches to mapping land cover from aerial photographs. *J. Photogram. Rem. Sensing*. 52: 193-201.
- Zhang J, Kirby R (1999). Alternative criteria for defining fuzzy boundaries based on fuzzy classification of aerial photographs and satellite images. *Photogram. Eng. Rem. Sensing* 65: 1379-1387.

ANEXOS I: PANEL FOTOGRÁFICO



Panel fotográfico 1. A) Sector Norte de la zona 5L-7A, donde se ha reconocido rocas volcánicas principalmente con algunos niveles de limolitas y conglomerados, fallas normales con zonas de brechas y controlando zonas de alteración hidrotermal (Alteración filica principalmente). B) Vista de afloramientos brechados con Alteración argílica y OxFE (Goetita y Jarosita).



Panel fotográfico 2. A) Sector Central de la zona 5L-7A, donde se ha reconocido andesitas, tobas y brechas silicificadas con sericita y pirita diseminada. B) Afloramiento fracturado y fallado con alteración filica y presencia de OxFe (goetita principalmente). C) Espejo de falla con sus respectivas estrías con cinemática normal – dextral.



Panel fotográfico 3. A) Fotografía tomada al sureste del poblado Churín, afloramiento de areniscas cuarzosas intercaladas con niveles delgados de limolitas que forman un pliegue abierto y con ligera vergencia al sureste. B) Fotografía tomada al noroeste del poblado Parquín, afloramiento de areniscas cuarzosas. C) Laminaciones horizontales de las areniscas cuarzosas.



Panel fotográfico 4. A) Fotografía tomada al oeste del poblado Chiuchín, afloramientos de areniscas de grano fino gris oscuras en estratos delgados de 30 cm. B) Rizaduras de corriente. C) Fracturas extensionales asociadas a una falla inversa (Panel fotográfico 5).



Panel fotográfico 5. Fotografía tomada al oeste del poblado Chiuchín donde se observa una falla inversa que pone en contacto las rocas volcánicas del Grupo Calipuy con las areniscas gris oscuras de la Formación Carhuaz.

ANEXOS II: CONTEO DE LINEAMIENTOS POR ORDEN DE LINEAMIENTO E INTERSECCIÓN DE LINEAMIENTOS

ID	ESTE	NORTE	L1	L2	L3	L4	I_L1L1	I_L1L2	I_L1L3	I_L1L4	I_L2L2	I_L2L3	I_L2L4	I_L3L3	I_L3L4	I_L4L4
1	282412.60	8857866.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	282412.60	8855066.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	282412.60	8852266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	282412.60	8849466.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	282412.60	8846666.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	282412.60	8843866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	282412.60	8841066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	282412.60	8838266.17	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
9	282412.60	8835466.17	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	282412.60	8832666.17	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
11	282412.60	8829866.17	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1
12	282412.60	8827066.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
13	282412.60	8824266.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	282412.60	8821466.17	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	282412.60	8818666.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	282412.60	8815866.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	282412.60	8813066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	282412.60	8810266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	282412.60	8807466.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	282412.60	8804666.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	282412.60	8801866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	282412.60	8799066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	282412.60	8796266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	282412.60	8793466.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	282412.60	8790666.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	282412.60	8787866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	282412.60	8785066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	282412.60	8782266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	282412.60	8779466.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	282412.60	8776666.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

31	282412.60	8773866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	282412.60	8771066.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	282412.60	8768266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	282412.60	8765466.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	282412.60	8762666.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	282412.60	8759866.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	282412.60	8757066.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	282412.60	8754266.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	285212.60	8857866.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	285212.60	8855066.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	285212.60	8852266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	285212.60	8849466.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	285212.60	8846666.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	285212.60	8843866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	285212.60	8841066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	285212.60	8838266.17	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
47	285212.60	8835466.17	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
48	285212.60	8832666.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	285212.60	8829866.17	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
50	285212.60	8827066.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	285212.60	8824266.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
52	285212.60	8821466.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
53	285212.60	8818666.17	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
54	285212.60	8815866.17	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2
55	285212.60	8813066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	285212.60	8810266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	285212.60	8807466.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	285212.60	8804666.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	285212.60	8801866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	285212.60	8799066.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	285212.60	8796266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	285212.60	8793466.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	285212.60	8790666.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	285212.60	8787866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	285212.60	8785066.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	285212.60	8782266.17	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	285212.60	8779466.17	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1

68	285212.60	8776666.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	285212.60	8773866.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	285212.60	8771066.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	285212.60	8768266.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	285212.60	8765466.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	285212.60	8762666.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	285212.60	8759866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	285212.60	8757066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76	285212.60	8754266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
77	288012.60	8857866.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	288012.60	8855066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	288012.60	8852266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	288012.60	8849466.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
81	288012.60	8846666.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
82	288012.60	8843866.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
83	288012.60	8841066.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
84	288012.60	8838266.17	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
85	288012.60	8835466.17	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
86	288012.60	8832666.17	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	288012.60	8829866.17	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
88	288012.60	8827066.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	288012.60	8824266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	288012.60	8821466.17	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	288012.60	8818666.17	0	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
92	288012.60	8815866.17	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
93	288012.60	8813066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	288012.60	8810266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	288012.60	8807466.17	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
96	288012.60	8804666.17	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	288012.60	8801866.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	288012.60	8799066.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	288012.60	8796266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	288012.60	8793466.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	288012.60	8790666.17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	288012.60	8787866.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	288012.60	8785066.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	288012.60	8782266.17	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1

105	288012.60	8779466.17	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
106	288012.60	8776666.17	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
107	288012.60	8773866.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108	288012.60	8771066.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	288012.60	8768266.17	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	288012.60	8765466.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
111	288012.60	8762666.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	288012.60	8759866.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113	288012.60	8757066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
114	288012.60	8754266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	290812.60	8857866.17	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	290812.60	8855066.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117	290812.60	8852266.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118	290812.60	8849466.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	290812.60	8846666.17	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	290812.60	8843866.17	0	1	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
121	290812.60	8841066.17	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
122	290812.60	8838266.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	290812.60	8835466.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
124	290812.60	8832666.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
125	290812.60	8829866.17	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
126	290812.60	8827066.17	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
127	290812.60	8824266.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128	290812.60	8821466.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
129	290812.60	8818666.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
130	290812.60	8815866.17	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
131	290812.60	8813066.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
132	290812.60	8810266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
133	290812.60	8807466.17	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
134	290812.60	8804666.17	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
135	290812.60	8801866.17	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
136	290812.60	8799066.17	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
137	290812.60	8796266.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
138	290812.60	8793466.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
139	290812.60	8790666.17	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	290812.60	8787866.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	290812.60	8785066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

142	290812.60	8782266.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	290812.60	8779466.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
144	290812.60	8776666.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
145	290812.60	8773866.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
146	290812.60	8771066.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
147	290812.60	8768266.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
148	290812.60	8765466.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
149	290812.60	8762666.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	290812.60	8759866.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
151	290812.60	8757066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
152	290812.60	8754266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
153	293612.60	8857866.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
154	293612.60	8855066.17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155	293612.60	8852266.17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
156	293612.60	8849466.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
157	293612.60	8846666.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158	293612.60	8843866.17	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
159	293612.60	8841066.17	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
160	293612.60	8838266.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
161	293612.60	8835466.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
162	293612.60	8832666.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
163	293612.60	8829866.17	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
164	293612.60	8827066.17	0	1	2	10	0	0	0	0	0	0	1	0	5	7
165	293612.60	8824266.17	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4
166	293612.60	8821466.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
167	293612.60	8818666.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168	293612.60	8815866.17	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
169	293612.60	8813066.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	293612.60	8810266.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
171	293612.60	8807466.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	293612.60	8804666.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	293612.60	8801866.17	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
174	293612.60	8799066.17	2	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
175	293612.60	8796266.17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
176	293612.60	8793466.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
177	293612.60	8790666.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
178	293612.60	8787866.17	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

179	293612.60	8785066.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
180	293612.60	8782266.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
181	293612.60	8779466.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
182	293612.60	8776666.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
183	293612.60	8773866.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	293612.60	8771066.17	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
185	293612.60	8768266.17	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	293612.60	8765466.17	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
187	293612.60	8762666.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
188	293612.60	8759866.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
189	293612.60	8757066.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190	293612.60	8754266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
191	296412.60	8857866.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
192	296412.60	8855066.17	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
193	296412.60	8852266.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
194	296412.60	8849466.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
195	296412.60	8846666.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
196	296412.60	8843866.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
197	296412.60	8841066.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
198	296412.60	8838266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
199	296412.60	8835466.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	296412.60	8832666.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
201	296412.60	8829866.17	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
202	296412.60	8827066.17	0	1	8	4	0	0	0	0	0	2	1	7	4	0
203	296412.60	8824266.17	1	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
204	296412.60	8821466.17	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
205	296412.60	8818666.17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
206	296412.60	8815866.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
207	296412.60	8813066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
208	296412.60	8810266.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209	296412.60	8807466.17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210	296412.60	8804666.17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
211	296412.60	8801866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
212	296412.60	8799066.17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
213	296412.60	8796266.17	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
214	296412.60	8793466.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
215	296412.60	8790666.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

216	296412.60	8787866.17	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
217	296412.60	8785066.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
218	296412.60	8782266.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
219	296412.60	8779466.17	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
220	296412.60	8776666.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
221	296412.60	8773866.17	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
222	296412.60	8771066.17	0	1	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
223	296412.60	8768266.17	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
224	296412.60	8765466.17	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
225	296412.60	8762666.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
226	296412.60	8759866.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
227	296412.60	8757066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
228	296412.60	8754266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
229	299212.60	8857866.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230	299212.60	8855066.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
231	299212.60	8852266.17	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
232	299212.60	8849466.17	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
233	299212.60	8846666.17	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
234	299212.60	8843866.17	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
235	299212.60	8841066.17	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
236	299212.60	8838266.17	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
237	299212.60	8835466.17	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
238	299212.60	8832666.17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
239	299212.60	8829866.17	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
240	299212.60	8827066.17	0	2	3	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
241	299212.60	8824266.17	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
242	299212.60	8821466.17	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
243	299212.60	8818666.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
244	299212.60	8815866.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
245	299212.60	8813066.17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
246	299212.60	8810266.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
247	299212.60	8807466.17	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
248	299212.60	8804666.17	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
249	299212.60	8801866.17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	299212.60	8799066.17	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
251	299212.60	8796266.17	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
252	299212.60	8793466.17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

253	299212.60	8790666.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
254	299212.60	8787866.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
255	299212.60	8785066.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
256	299212.60	8782266.17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
257	299212.60	8779466.17	1	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
258	299212.60	8776666.17	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
259	299212.60	8773866.17	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
260	299212.60	8771066.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
261	299212.60	8768266.17	0	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
262	299212.60	8765466.17	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
263	299212.60	8762666.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
264	299212.60	8759866.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
265	299212.60	8757066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
266	299212.60	8754266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
267	302012.60	8857866.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
268	302012.60	8855066.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
269	302012.60	8852266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
270	302012.60	8849466.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
271	302012.60	8846666.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
272	302012.60	8843866.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
273	302012.60	8841066.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
274	302012.60	8838266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
275	302012.60	8835466.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
276	302012.60	8832666.17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
277	302012.60	8829866.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
278	302012.60	8827066.17	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
279	302012.60	8824266.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280	302012.60	8821466.17	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
281	302012.60	8818666.17	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
282	302012.60	8815866.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
283	302012.60	8813066.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
284	302012.60	8810266.17	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
285	302012.60	8807466.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
286	302012.60	8804666.17	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
287	302012.60	8801866.17	2	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
288	302012.60	8799066.17	3	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
289	302012.60	8796266.17	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

290	302012.60	8793466.17	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
291	302012.60	8790666.17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
292	302012.60	8787866.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
293	302012.60	8785066.17	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
294	302012.60	8782266.17	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
295	302012.60	8779466.17	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
296	302012.60	8776666.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
297	302012.60	8773866.17	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
298	302012.60	8771066.17	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
299	302012.60	8768266.17	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	302012.60	8765466.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
301	302012.60	8762666.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
302	302012.60	8759866.17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
303	302012.60	8757066.17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
304	302012.60	8754266.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
305	304812.60	8857866.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
306	304812.60	8855066.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
307	304812.60	8852266.17	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
308	304812.60	8849466.17	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
309	304812.60	8846666.17	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
310	304812.60	8843866.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
311	304812.60	8841066.17	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
312	304812.60	8838266.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
313	304812.60	8835466.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
314	304812.60	8832666.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
315	304812.60	8829866.17	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
316	304812.60	8827066.17	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
317	304812.60	8824266.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
318	304812.60	8821466.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
319	304812.60	8818666.17	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
320	304812.60	8815866.17	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
321	304812.60	8813066.17	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
322	304812.60	8810266.17	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
323	304812.60	8807466.17	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
324	304812.60	8804666.17	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
325	304812.60	8801866.17	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
326	304812.60	8799066.17	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

327	304812.60	8796266.17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
328	304812.60	8793466.17	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
329	304812.60	8790666.17	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
330	304812.60	8787866.17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
331	304812.60	8785066.17	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
332	304812.60	8782266.17	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
333	304812.60	8779466.17	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
334	304812.60	8776666.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
335	304812.60	8773866.17	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
336	304812.60	8771066.17	1	2	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
337	304812.60	8768266.17	1	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
338	304812.60	8765466.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
339	304812.60	8762666.17	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
340	304812.60	8759866.17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
341	304812.60	8757066.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
342	304812.60	8754266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
343	307612.60	8857866.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
344	307612.60	8855066.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
345	307612.60	8852266.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
346	307612.60	8849466.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
347	307612.60	8846666.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
348	307612.60	8843866.17	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
349	307612.60	8841066.17	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	307612.60	8838266.17	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
351	307612.60	8835466.17	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
352	307612.60	8832666.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
353	307612.60	8829866.17	0	2	1	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
354	307612.60	8827066.17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
355	307612.60	8824266.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
356	307612.60	8821466.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
357	307612.60	8818666.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
358	307612.60	8815866.17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
359	307612.60	8813066.17	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
360	307612.60	8810266.17	0	1	6	3	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0
361	307612.60	8807466.17	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
362	307612.60	8804666.17	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1
363	307612.60	8801866.17	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

364	307612.60	8799066.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
365	307612.60	8796266.17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
366	307612.60	8793466.17	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
367	307612.60	8790666.17	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
368	307612.60	8787866.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
369	307612.60	8785066.17	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
370	307612.60	8782266.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
371	307612.60	8779466.17	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
372	307612.60	8776666.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
373	307612.60	8773866.17	0	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
374	307612.60	8771066.17	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
375	307612.60	8768266.17	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
376	307612.60	8765466.17	3	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
377	307612.60	8762666.17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
378	307612.60	8759866.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
379	307612.60	8757066.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
380	307612.60	8754266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
381	310412.60	8857866.17	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
382	310412.60	8855066.17	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
383	310412.60	8852266.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
384	310412.60	8849466.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
385	310412.60	8846666.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
386	310412.60	8843866.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
387	310412.60	8841066.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
388	310412.60	8838266.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
389	310412.60	8835466.17	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
390	310412.60	8832666.17	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
391	310412.60	8829866.17	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
392	310412.60	8827066.17	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
393	310412.60	8824266.17	0	1	2	2	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
394	310412.60	8821466.17	0	1	2	8	0	0	0	0	0	0	1	0	4	2
395	310412.60	8818666.17	0	1	1	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
396	310412.60	8815866.17	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
397	310412.60	8813066.17	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
398	310412.60	8810266.17	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
399	310412.60	8807466.17	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400	310412.60	8804666.17	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

401	310412.60	8801866.17	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
402	310412.60	8799066.17	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
403	310412.60	8796266.17	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
404	310412.60	8793466.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
405	310412.60	8790666.17	2	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
406	310412.60	8787866.17	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
407	310412.60	8785066.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
408	310412.60	8782266.17	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
409	310412.60	8779466.17	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
410	310412.60	8776666.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
411	310412.60	8773866.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
412	310412.60	8771066.17	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
413	310412.60	8768266.17	2	0	4	2	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0
414	310412.60	8765466.17	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
415	310412.60	8762666.17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
416	310412.60	8759866.17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
417	310412.60	8757066.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
418	310412.60	8754266.17	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
419	313212.60	8857866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
420	313212.60	8855066.17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
421	313212.60	8852266.17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
422	313212.60	8849466.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
423	313212.60	8846666.17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
424	313212.60	8843866.17	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
425	313212.60	8841066.17	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
426	313212.60	8838266.17	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
427	313212.60	8835466.17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
428	313212.60	8832666.17	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
429	313212.60	8829866.17	1	0	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
430	313212.60	8827066.17	1	0	3	6	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
431	313212.60	8824266.17	0	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
432	313212.60	8821466.17	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
433	313212.60	8818666.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
434	313212.60	8815866.17	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
435	313212.60	8813066.17	0	2	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
436	313212.60	8810266.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
437	313212.60	8807466.17	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

438	313212.60	8804666.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
439	313212.60	8801866.17	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
440	313212.60	8799066.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
441	313212.60	8796266.17	2	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
442	313212.60	8793466.17	3	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
443	313212.60	8790666.17	2	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
444	313212.60	8787866.17	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
445	313212.60	8785066.17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
446	313212.60	8782266.17	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
447	313212.60	8779466.17	0	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
448	313212.60	8776666.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
449	313212.60	8773866.17	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
450	313212.60	8771066.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
451	313212.60	8768266.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
452	313212.60	8765466.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
453	313212.60	8762666.17	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
454	313212.60	8759866.17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
455	313212.60	8757066.17	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
456	313212.60	8754266.17	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
457	316012.60	8857866.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
458	316012.60	8855066.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
459	316012.60	8852266.17	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
460	316012.60	8849466.17	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
461	316012.60	8846666.17	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
462	316012.60	8843866.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
463	316012.60	8841066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
464	316012.60	8838266.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
465	316012.60	8835466.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
466	316012.60	8832666.17	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
467	316012.60	8829866.17	1	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
468	316012.60	8827066.17	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
469	316012.60	8824266.17	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
470	316012.60	8821466.17	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
471	316012.60	8818666.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
472	316012.60	8815866.17	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
473	316012.60	8813066.17	0	2	2	4	0	0	0	0	1	0	3	0	1	1
474	316012.60	8810266.17	0	1	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

475	316012.60	8807466.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
476	316012.60	8804666.17	0	2	3	7	0	0	0	0	0	0	4	1	3	2
477	316012.60	8801866.17	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
478	316012.60	8799066.17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
479	316012.60	8796266.17	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
480	316012.60	8793466.17	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
481	316012.60	8790666.17	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
482	316012.60	8787866.17	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
483	316012.60	8785066.17	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
484	316012.60	8782266.17	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
485	316012.60	8779466.17	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
486	316012.60	8776666.17	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
487	316012.60	8773866.17	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
488	316012.60	8771066.17	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
489	316012.60	8768266.17	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
490	316012.60	8765466.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
491	316012.60	8762666.17	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
492	316012.60	8759866.17	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
493	316012.60	8757066.17	2	1	2	1	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0
494	316012.60	8754266.17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
495	318812.60	8857866.17	1	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
496	318812.60	8855066.17	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
497	318812.60	8852266.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
498	318812.60	8849466.17	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
499	318812.60	8846666.17	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	318812.60	8843866.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
501	318812.60	8841066.17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
502	318812.60	8838266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
503	318812.60	8835466.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
504	318812.60	8832666.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
505	318812.60	8829866.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
506	318812.60	8827066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
507	318812.60	8824266.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
508	318812.60	8821466.17	0	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
509	318812.60	8818666.17	0	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
510	318812.60	8815866.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
511	318812.60	8813066.17	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

512	318812.60	8810266.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
513	318812.60	8807466.17	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
514	318812.60	8804666.17	0	1	5	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
515	318812.60	8801866.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
516	318812.60	8799066.17	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
517	318812.60	8796266.17	0	3	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
518	318812.60	8793466.17	1	4	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
519	318812.60	8790666.17	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
520	318812.60	8787866.17	4	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
521	318812.60	8785066.17	4	0	3	3	0	0	2	2	0	0	0	1	1	0
522	318812.60	8782266.17	2	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
523	318812.60	8779466.17	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
524	318812.60	8776666.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
525	318812.60	8773866.17	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
526	318812.60	8771066.17	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1
527	318812.60	8768266.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
528	318812.60	8765466.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
529	318812.60	8762666.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
530	318812.60	8759866.17	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
531	318812.60	8757066.17	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
532	318812.60	8754266.17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
533	321612.60	8857866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
534	321612.60	8855066.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
535	321612.60	8852266.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
536	321612.60	8849466.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
537	321612.60	8846666.17	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
538	321612.60	8843866.17	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
539	321612.60	8841066.17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
540	321612.60	8838266.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
541	321612.60	8835466.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
542	321612.60	8832666.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
543	321612.60	8829866.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
544	321612.60	8827066.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
545	321612.60	8824266.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
546	321612.60	8821466.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
547	321612.60	8818666.17	0	2	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
548	321612.60	8815866.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

549	321612.60	8813066.17	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
550	321612.60	8810266.17	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
551	321612.60	8807466.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
552	321612.60	8804666.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
553	321612.60	8801866.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
554	321612.60	8799066.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
555	321612.60	8796266.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
556	321612.60	8793466.17	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
557	321612.60	8790666.17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
558	321612.60	8787866.17	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
559	321612.60	8785066.17	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
560	321612.60	8782266.17	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
561	321612.60	8779466.17	4	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
562	321612.60	8776666.17	2	0	2	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1
563	321612.60	8773866.17	2	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1
564	321612.60	8771066.17	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
565	321612.60	8768266.17	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
566	321612.60	8765466.17	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
567	321612.60	8762666.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
568	321612.60	8759866.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
569	321612.60	8757066.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
570	321612.60	8754266.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
571	324412.60	8857866.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
572	324412.60	8855066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
573	324412.60	8852266.17	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
574	324412.60	8849466.17	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
575	324412.60	8846666.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
576	324412.60	8843866.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
577	324412.60	8841066.17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
578	324412.60	8838266.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
579	324412.60	8835466.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
580	324412.60	8832666.17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
581	324412.60	8829866.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
582	324412.60	8827066.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
583	324412.60	8824266.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
584	324412.60	8821466.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
585	324412.60	8818666.17	0	1	3	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

586	324412.60	8815866.17	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
587	324412.60	8813066.17	0	2	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
588	324412.60	8810266.17	0	4	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
589	324412.60	8807466.17	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
590	324412.60	8804666.17	0	1	1	9	0	0	0	0	0	1	1	0	3	1
591	324412.60	8801866.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
592	324412.60	8799066.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
593	324412.60	8796266.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
594	324412.60	8793466.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
595	324412.60	8790666.17	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
596	324412.60	8787866.17	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
597	324412.60	8785066.17	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
598	324412.60	8782266.17	0	2	1	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
599	324412.60	8779466.17	2	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
600	324412.60	8776666.17	2	1	1	4	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
601	324412.60	8773866.17	2	2	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
602	324412.60	8771066.17	0	2	1	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
603	324412.60	8768266.17	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
604	324412.60	8765466.17	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
605	324412.60	8762666.17	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
606	324412.60	8759866.17	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
607	324412.60	8757066.17	0	1	1	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
608	324412.60	8754266.17	0	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
609	327212.60	8857866.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
610	327212.60	8855066.17	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
611	327212.60	8852266.17	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
612	327212.60	8849466.17	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
613	327212.60	8846666.17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
614	327212.60	8843866.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
615	327212.60	8841066.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
616	327212.60	8838266.17	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
617	327212.60	8835466.17	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
618	327212.60	8832666.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
619	327212.60	8829866.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
620	327212.60	8827066.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
621	327212.60	8824266.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
622	327212.60	8821466.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

623	327212.60	8818666.17	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
624	327212.60	8815866.17	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
625	327212.60	8813066.17	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
626	327212.60	8810266.17	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
627	327212.60	8807466.17	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
628	327212.60	8804666.17	0	1	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
629	327212.60	8801866.17	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2
630	327212.60	8799066.17	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
631	327212.60	8796266.17	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
632	327212.60	8793466.17	0	1	4	3	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0
633	327212.60	8790666.17	0	1	1	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
634	327212.60	8787866.17	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
635	327212.60	8785066.17	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
636	327212.60	8782266.17	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
637	327212.60	8779466.17	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
638	327212.60	8776666.17	0	1	1	6	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
639	327212.60	8773866.17	0	3	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
640	327212.60	8771066.17	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
641	327212.60	8768266.17	0	3	1	11	0	0	0	0	0	2	4	0	3	3
642	327212.60	8765466.17	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
643	327212.60	8762666.17	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
644	327212.60	8759866.17	0	2	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
645	327212.60	8757066.17	0	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
646	327212.60	8754266.17	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
647	330012.60	8857866.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
648	330012.60	8855066.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
649	330012.60	8852266.17	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
650	330012.60	8849466.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
651	330012.60	8846666.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
652	330012.60	8843866.17	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
653	330012.60	8841066.17	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
654	330012.60	8838266.17	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
655	330012.60	8835466.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
656	330012.60	8832666.17	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
657	330012.60	8829866.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
658	330012.60	8827066.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
659	330012.60	8824266.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

660	330012.60	8821466.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
661	330012.60	8818666.17	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
662	330012.60	8815866.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
663	330012.60	8813066.17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
664	330012.60	8810266.17	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
665	330012.60	8807466.17	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
666	330012.60	8804666.17	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
667	330012.60	8801866.17	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
668	330012.60	8799066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
669	330012.60	8796266.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
670	330012.60	8793466.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
671	330012.60	8790666.17	0	1	1	6	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2
672	330012.60	8787866.17	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1
673	330012.60	8785066.17	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
674	330012.60	8782266.17	0	0	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
675	330012.60	8779466.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
676	330012.60	8776666.17	0	3	3	5	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2
677	330012.60	8773866.17	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
678	330012.60	8771066.17	0	2	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
679	330012.60	8768266.17	0	3	2	8	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2
680	330012.60	8765466.17	0	1	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
681	330012.60	8762666.17	0	1	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
682	330012.60	8759866.17	0	2	2	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
683	330012.60	8757066.17	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
684	330012.60	8754266.17	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
685	332812.60	8857866.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
686	332812.60	8855066.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
687	332812.60	8852266.17	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
688	332812.60	8849466.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
689	332812.60	8846666.17	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
690	332812.60	8843866.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
691	332812.60	8841066.17	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
692	332812.60	8838266.17	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
693	332812.60	8835466.17	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
694	332812.60	8832666.17	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
695	332812.60	8829866.17	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
696	332812.60	8827066.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

697	332812.60	8824266.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
698	332812.60	8821466.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
699	332812.60	8818666.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
700	332812.60	8815866.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
701	332812.60	8813066.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
702	332812.60	8810266.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
703	332812.60	8807466.17	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
704	332812.60	8804666.17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
705	332812.60	8801866.17	0	2	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
706	332812.60	8799066.17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
707	332812.60	8796266.17	0	2	2	2	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0
708	332812.60	8793466.17	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
709	332812.60	8790666.17	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
710	332812.60	8787866.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
711	332812.60	8785066.17	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
712	332812.60	8782266.17	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
713	332812.60	8779466.17	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
714	332812.60	8776666.17	0	1	2	7	0	0	0	0	0	1	0	0	3	2
715	332812.60	8773866.17	0	1	4	3	0	0	0	0	0	2	1	3	4	0
716	332812.60	8771066.17	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
717	332812.60	8768266.17	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
718	332812.60	8765466.17	0	2	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
719	332812.60	8762666.17	0	1	2	9	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
720	332812.60	8759866.17	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
721	332812.60	8757066.17	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
722	332812.60	8754266.17	0	2	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
723	335612.60	8857866.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
724	335612.60	8855066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
725	335612.60	8852266.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
726	335612.60	8849466.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
727	335612.60	8846666.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
728	335612.60	8843866.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
729	335612.60	8841066.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
730	335612.60	8838266.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
731	335612.60	8835466.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
732	335612.60	8832666.17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
733	335612.60	8829866.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

734	335612.60	8827066.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
735	335612.60	8824266.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
736	335612.60	8821466.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
737	335612.60	8818666.17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
738	335612.60	8815866.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
739	335612.60	8813066.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
740	335612.60	8810266.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
741	335612.60	8807466.17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
742	335612.60	8804666.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
743	335612.60	8801866.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
744	335612.60	8799066.17	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
745	335612.60	8796266.17	0	1	3	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
746	335612.60	8793466.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
747	335612.60	8790666.17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
748	335612.60	8787866.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
749	335612.60	8785066.17	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
750	335612.60	8782266.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
751	335612.60	8779466.17	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
752	335612.60	8776666.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
753	335612.60	8773866.17	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0
754	335612.60	8771066.17	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
755	335612.60	8768266.17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
756	335612.60	8765466.17	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
757	335612.60	8762666.17	0	1	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
758	335612.60	8759866.17	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
759	335612.60	8757066.17	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
760	335612.60	8754266.17	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0