



PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET



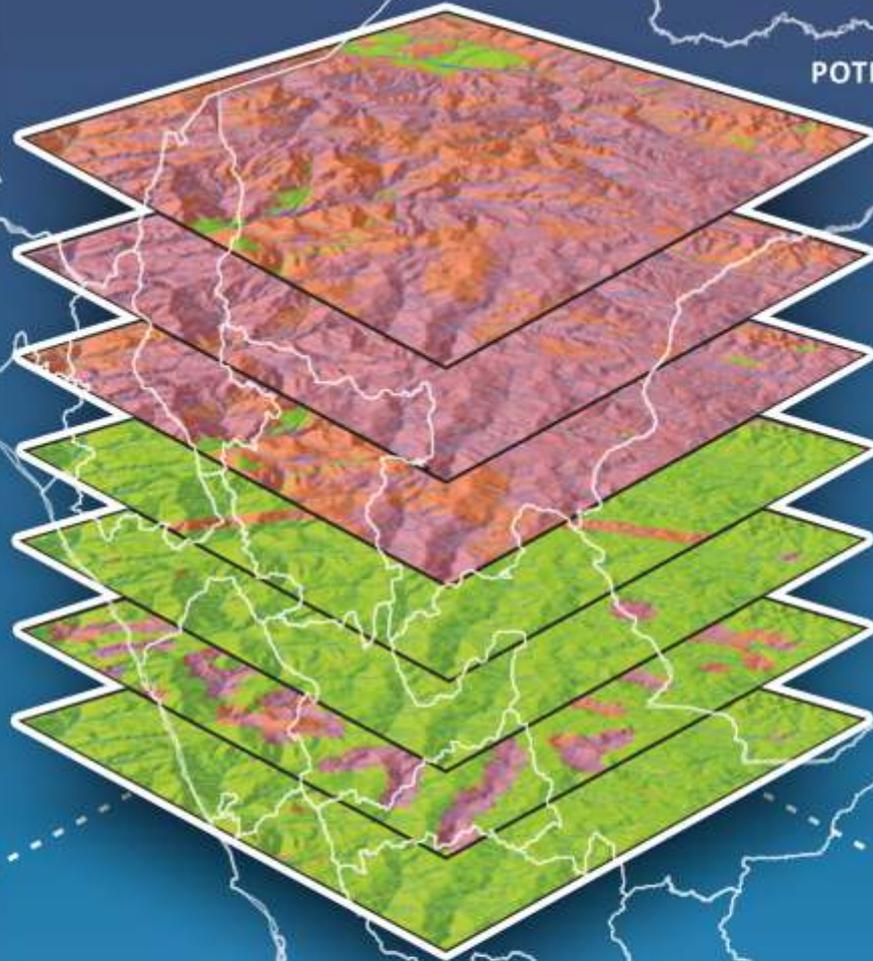
SECTOR ENERGÍA Y MINAS

**INGEMMET**

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

# MANUAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS Y POTENCIAL MINERO

DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS - DRME - INGEMMET



POTENCIAL MINERO METÁLICO

Unidad Geológica

Concesiones Mineras

Fallas

Depósitos Minerales Metálicos

Geoquímica

Sensores Remotos



Lima, Perú  
2013



## **MANUAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS Y POTENCIAL MINERO, 2013**

**ING. SUSANA GLADIS VILCA ACHATA**  
Presidenta del Consejo Directivo

**LIC. ELIZABETH RAMOS DE LA CRUZ**  
Secretaria General

**ING. JORGE CHIRA FERNÁNDEZ**  
Director de Recursos Minerales y Energéticos

**ABG. ROCÍO MORRIS CASTILLO**  
Unidad de Relaciones Institucionales

Corrección Geocientífica: Hugo Rivera, Agapito Sánchez y David Castillo.  
Digitalización y SIG: Paul Aguilar, Dina Huanacuni.  
Corrección gramatical y de estilo: Consuelo Meza.  
Diagramación: Ana Luis.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2013-16492.  
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (**INGEMMET**).  
Domicilio: Av. Canadá N.º 1470, San Borja, Lima - Perú.  
Segunda impresión, INGENMET 2014.  
Se terminó de imprimir el XX de marzo del año 2014 en los talleres  
de Pentagraf S.A.C, Av. Arenales N.º 1245 - Sta. Beatriz, Lima.

© **INGEMMET**

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción.

### **Referencia bibliográfica**

#### **Manual de Evaluación de Recursos y Potencial Minero (2013)**

Chira, J., Villarreal, E., Vargas, L., Rodríguez, I., Huanacuni, D.,  
Acosta J., Zuloaga, A., Díaz, A., Ramírez, J., Carpio, M., Chirif, H.,  
INGEMMET.

**PORTADA:** Variables para determinar el Potencial Minero.



## Resolución de Presidencia N° 148-2013-INGEMMET/PCD

Lima, 28 de octubre de 2013

VISTOS, los informes N.° 100 y 103-2013-INGEMMET/DRME de fechas 22 y 24 de octubre de 2013 respectivamente, de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos sobre el "MANUAL DE INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES" y el "MANUAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS Y POTENCIAL MINERO";

### CONSIDERANDO

Que, la Ley de Bases de la Descentralización, Ley N.° 27783, en su artículo 36° establece que "c) Promoción, gestión y regulación de actividades económicas y productivas en su ámbito y nivel, correspondientes a los sectores agricultura, pesquería, industria, comercio, turismo, energía, hidrocarburos, minas, transportes, comunicaciones y medio ambiente";

Que, la Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales, Ley N.° 27867, establece en su artículo 10° que los Gobiernos Regionales ejercen las competencias exclusivas y compartidas que les asigna la Constitución, la Ley de Bases de la Descentralización y la presente Ley, así como las competencias delegadas que acuerden entre ambos niveles de gobierno;

Que, asimismo, el inciso g) del artículo 59° de la citada Ley, señala que es función de los Gobiernos Regionales, en materia de energía, minas e hidrocarburos, el inventariar y evaluar los recursos mineros y el potencial minero y de hidrocarburos regionales;

Que, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET es un Organismo Público Técnico Especializado del Sector Energía y Minas, con personería jurídica de derecho público, goza de autonomía técnica, económica y administrativa, constituyendo un Pliego Presupuestal, conforme lo señalado en los Decretos Supremos N.° 058-2011-PCM y N.° 035-2007-EM;

Que, la Segunda Disposición Final del Decreto Supremo N.° 084-2007-EM, que regula el Sistema de Derechos Mineros y Catastro - SIDEMCAT y modifica normas reglamentarias del procedimiento minero para adecuarlas al proceso de regionalización, sobre Inventario y Evaluación de Recursos y Potencial Minero por los Gobiernos Regionales establece que corresponde al Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET administrar una base de datos interconectada a nivel nacional que actualice la información que periódicamente deberán remitir los Gobiernos Regionales respecto del inventario y evaluación de los recursos y potencial minero de su jurisdicción territorial.

Asimismo, señala que establecerá las Directivas que faciliten a los Gobiernos Regionales la interconexión informática, estandarización de software y estructura de la base de datos de inventario y evaluación;

Que, el acápite 6 del artículo 3° del Decreto Supremo N.° 35-2007-EM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, precisa que es su función el acopiar, integrar, salvaguardar, administrar, interpretar y difundir la información geocientífica nacional siendo el depositario oficial de toda la información geológica minera del país;

Que, en este sentido, la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME) del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, es la encargada de la investigación básica sobre la ocurrencia, génesis, localización y distribución de depósitos minerales metálicos, industriales (no metálicos) y geoenergéticos del país, destinadas a poner en evidencia el potencial minero y de recursos de interés nacional; asimismo, tiene como funciones, entre otras, el realizar y mantener actualizado el inventario nacional de los recursos minerales y energéticos, así como los estudios de prospección minera y geofísica regional y nacional; efectuar la compilación, levantamiento, análisis e integración de la información geológica relativa al aprovechamiento de recursos del subsuelo y las zonas de mayor potencial geológico y minero del territorio nacional; brindar asesoramiento técnico en los temas de recursos del subsuelo, minerales, geoenergéticos a la Alta Dirección y otros órganos del INGEMMET así como a los sectores público y privado;

Que, el inventario de recursos minerales es un registro de los depósitos minerales existentes en una determinada región y en la que se consigna información detallada sobre su ubicación, estado, características geológicas, entre otras; en tal sentido, contar con un inventario de recursos minerales en una región, es importante porque constituye información básica para la determinación del potencial minero que a su vez permitirá contar con información fidedigna para los procesos de zonificación ecológica económica y planes de ordenamiento territorial; es importante además, porque permite mantener actualizado el inventario de recursos minerales del Perú, información básica para promover la inversión minera; asimismo, el potencial de recurso mineral es una estimación de la aptitud que tiene una zona en cuanto a sus posibilidades de desarrollar la actividad minera;

Que, ante lo expuesto y en mérito a los documentos de vistos, la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME) manifiesta a la Presidencia del Consejo Directivo que en cumplimiento a los dispositivos legales referentes a la función transferida por el Sector Energía y Minas, ejercida por el INGEMMET, a los Gobiernos Regionales se ha elaborado el "MANUAL DE INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES"; asimismo, precisa que para aplicación del personal de la Dirección de Recursos Minerales y

Energéticos, personal especializado de los Gobiernos Regionales y otros se ha elaborado el "MANUAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS Y POTENCIAL MINERO", con relación a la evaluación de Recursos y Potencial Minero y del Proceso de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) y Ordenamiento Territorial (OT);

Que, dichos documentos son de carácter técnico normativo que contienen, entre otros aspectos, las definiciones teóricas y operacionales en materia de inventario y evaluación de los recursos y potencial minero, así como, los lineamientos necesarios para ingreso y registro de la información relativa al inventario de los recursos minerales de su jurisdicción territorial, a través de una interconexión informática, estandarización de un software y estructura de la base de datos que se ha implementado, a fin de que los Gobiernos Regionales, cuenten con las herramientas necesarios para el cumplimiento de su función;

Que, en este sentido, es necesario que la Titular del Pliego emita el acto resolutorio respectivo que apruebe el "MANUAL DE INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES" y el "MANUAL DE EVOLUCIÓN DE RECURSOS Y POTENCIAL MINERO" y disponga su respectiva difusión;

Con el visto bueno de la Secretaría General y de los Directores de las Dirección de Recursos Minerales y Energéticos y de la Oficina de Asesoría Jurídica, y;

En ejercicio de las atribuciones conferidas por el Decreto Supremo N.° 035-2007-EM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones de INGEMMET y la Ley N.° 27867, Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales;

SE RESUELVE:

**Artículo 1°.-** APROBAR el "MANUAL DE INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES" y el "MANUAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS Y POTENCIAL MINERO"; los mismos que forman parte integrante de la presente Resolución.

**Artículo 2°.-** ENCARGAR a la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos la difusión e implementación de los citados manuales, en el ámbito de sus competencias y funciones.

**Artículo 3°.-** La Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, a nivel nacional, es responsable de la aplicación de los mencionados manuales, en el ámbito de su competencia.

**Artículo 4°.-** La Oficina de Sistemas de Información publicará la presente resolución y los mencionados manuales en el Portal Web del INGEMMET, así como en el portal web del Estado Peruano ([www.peru.gob.pe](http://www.peru.gob.pe)).

**Artículo 5°.-** Encargar a La Oficina de Administración la publicación de la presente Resolución en el Diario Oficial El Peruano.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

**SUSANA G. VILCA ACHATA**

Presidente del Consejo Directivo

1006977-1

## INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I

#### Yacimientos Minerales: Conceptos Generales

13

- 1.1 Yacimientos minerales.
- 1.2 Génesis de los yacimientos minerales.
- 1.3 Ambientes de formación de los yacimientos minerales.
- 1.4 Tipos de yacimientos minerales y clasificación

### CAPÍTULO II

#### Evaluación del Potencial Minero

19

- 2.1 Importancia de la Evaluación del potencial minero.
- 2.2 Ambientes geológicos potenciales.
- 2.3 Instituciones competentes para evaluar el potencial minero.

### CAPÍTULO III

#### Procedimiento para la Evaluación del Potencial Minero

23

- 3.1 Metodología para la evaluación del potencial minero.
- 3.2 Determinación del potencial minero metálico.
  - 3.2.1 Evaluación ponderada de variables.
- 3.3 Determinación del potencial minero no metálico (RMI).
  - 3.3.1 Evaluación ponderada de variables – potencial no metálico.
- 3.4 Determinación del potencial minero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

71

## GLOSARIO

75





**PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN:**

**GENERALIDADES Y MARCO CONCEPTUAL:**

HUMBERTO CHIRIF E ITALO RODRÍGUEZ

**METODOLOGÍA Y ALGORITMOS:**

JORGE CHIRA, EDER VILLARREAL Y  
LUIS VARGAS

**PROCESAMIENTO GIS:**

PAÚL AGUILAR

**REVISIÓN:**

JORGE CHIRA, LUIS VARGAS, OLIBERTH PASCUAL  
LUIS ZAMORA, OSCAR EZETA Y GUSTAVO LUYO

**POTENCIAL MINERO METÁLICO**

VARIABLE UNIDAD GEOLÓGICA : EDER VILLARREAL  
VARIABLE CONCESIONES MINERAS : DINA HUANACUNI  
VARIABLE FALLAS : ANDRÉS ZULOAGA  
VARIABLE DEPÓSITOS MINERALES : JORGE ACOSTA  
VARIABLE GEOQUÍMICA : LUIS VARGAS  
VARIABLE SENSORES REMOTOS : DINA HUANACUNI

**POTENCIAL MINERO NO METÁLICO**

VARIABLE LITOLOGÍA : JOSÉ RAMÍREZ  
Y MARIO CARPIO  
VARIABLE SUSTANCIAS : ALEJANDRA DÍAZ.  
VARIABLE CONCESIONES MINERAS : JOSÉ RAMÍREZ.  
VARIABLE SENSORES REMOTOS : DINA HUANACUNI  
VARIABLE ACCESOS : JHONNY TORRE



## » Introducción

La Evaluación de los Recursos y Potencial Minero Regional, es la estimación de la aptitud que tiene una zona para desarrollar la actividad minera; se basa, para ello, en las características geológicas, estructurales, geoquímicas, así como evidencias de operaciones y proyectos mineros avanzados o indicios de prospectos, ocurrencias minerales y anomalías.

La Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME) del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), es la encargada de la investigación básica sobre la ocurrencia, génesis, localización y distribución de depósitos minerales metálicos, industriales (no metálicos) y geoenergéticos del país, destinados a poner en evidencia el potencial minero y los recursos de interés nacional.

### BASE LEGAL

El artículo 36° de la Ley de Bases de la Descentralización N.° 27783, establece que son Competencias Compartidas, las siguientes: "... c) Promoción, gestión y regulación de actividades económicas y productivas en su ámbito y nivel, correspondientes a los sectores Agricultura, Pesquería, Industria, Comercio, Turismo, Energía, Hidrocarburos, Minas, Transportes, Comunicaciones y Medio Ambiente."

Así, el artículo 10 de la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, Ley N.° 27867, establece que "los Gobiernos Regionales ejercen las competencias exclusivas y compartidas que les asignan la Constitución Política del Perú, la Ley de Bases de la Descentralización y la presente Ley, así como las competencias delegadas que acuerden entre ambos niveles de gobierno". En su artículo 59° señala, las funciones en materia de energía, minas e hidrocarburos, entre otras: "g) Inventariar y evaluar los recursos mineros y el potencial minero y de hidrocarburos regionales".

El Decreto Supremo N.° 035-2007-EM – Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), considera en su acápite 6 del artículo 3°, que es función de INGGEMMET el acopiar, integrar, salvaguardar, administrar, interpretar y difundir la información geocientífica nacional, siendo el depositario oficial de toda la información geológica minera del país, y asimismo, en el acápite 20 del artículo 7°, considera que es función y

responsabilidad de INGGEMMET dirigir el Sistema de Información Básica para el Fomento de la Inversión Minera y promover su utilización por el público interesado.

En los Planes quinquenales y anuales de Transferencias de Competencias, entre otros el Plan de Transferencias 2006-2010, aprobado por Resolución Presidencial N.° 044-CND-P-2006 del Consejo Nacional de Descentralización, los Planes Anuales de Transferencia de Competencias Sectoriales a los Gobiernos Regionales y Locales correspondiente a los años 2006 y 2007 aprobados por Decretos Supremos N.° 021-2006-PCM, N.° 068-2006-PCM y 036-2007-PCM, respectivamente, indican que la función transferida por el Sector Energía y Minas -ejercida por el INGGEMMET- a los Gobiernos Regionales corresponde la competencia compartida señalada en el inciso g) del artículo 59 de la Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales, en específico la referida al inventario de recursos minerales y evaluación del potencial minero.

El Decreto Supremo N.° 084-2007-EM, que regula el Sistema de Derechos Mineros y Catastro (SIDEMCAT) y modifica normas reglamentarias del procedimiento minero para adecuarlas al proceso de regionalización, en su segunda Disposición Final sobre Inventario y Evaluación de Recursos y Potencial Minero por los Gobiernos Regionales, señala que corresponde al INGGEMMET administrar una base de datos interconectada a nivel nacional que actualice la información que periódicamente deberán remitir los Gobiernos Regionales, respecto del inventario y evaluación de los recursos y potencial minero de su jurisdicción territorial. Asimismo, precisa que el INGGEMMET establecerá las Directivas que facilite a los Gobiernos Regionales la interconexión informática, estandarización de software y estructura de la base de datos de inventario y evaluación.

El Manual de Evaluación de Recursos y Potencial Minero es un documento de carácter técnico normativo que contiene, entre otros aspectos, las definiciones teóricas y operacionales. Constituye una guía para los profesionales encargados de elaborar el mapa de recursos y potencial minero de cada región del país, tanto en recursos metálicos y recursos no metálicos; se enmarca dentro del plan de desarrollo de capacidades del Sector Energía y Minas

para los Gobiernos Regionales periodo 2012-2016 (Resolución Ministerial N.º 582-2012-MEM/DM), así como en la elaboración de los estudios de Zonificación Ecológica Económica y la planificación del Ordenamiento Territorial.

La información considerada para la mencionada evaluación es la que en la actualidad pueden disponer todos y cada uno de los usuarios a través del INGEMMET (GEOCATMIN y bases de datos).

Para la determinación del potencial de recursos metálicos, se consideran variables como las unidades geológicas, depósitos minerales, prospectos, proyectos y ocurrencias, geoquímica, fallas, anomalías espectrales y catastro minero. Como se podrá apreciar, mucha de la información considerada sirve para elaborar el mapa metalogénico, pero por tratarse de una evaluación a escala 1:100 000 o 1:50 000, se ha visto por conveniente desarrollar una metodología que considere a esta información de manera independiente. Para el caso de la determinación del potencial de recursos no metálicos o de rocas y minerales industriales se ha consignado la litología, canteras, catastro minero, anomalías espectrales y vías de comunicación. Cada variable utilizada ha sido ponderada de acuerdo a diversos criterios como son: tipo de yacimiento mineral o sustancia, valoración económica, entre otros.

La metodología empleada considera la aplicación de un proceso analítico jerárquico a las variables consideradas, la elaboración de una matriz de comparaciones pareadas y la suma ponderada de cada variable. Dicha metodología ha sido aplicada en otros países en el tema de Ordenamiento Territorial, como es el caso de México.

Teniendo en cuenta que la determinación de la aptitud del territorio va desde el nivel bajo hasta muy alto en lo que se refiere a su potencialidad minera, queda entendido que la calificación puede variar en el tiempo a medida que se cuente con nuevas tecnologías que permitan identificar o corroborar tal condición.

De esta manera, el INGEMMET continúa contribuyendo en el conocimiento de los recursos minerales y por ende al desarrollo del país. Dispone de información geológico-minera adecuadamente evaluada, que constituye la información básica para la elaboración de los estudios de Zonificación Ecológica Económica (ZEE) y la planificación del Ordenamiento Territorial (OT).

#### **OBJETIVOS:**

- Contar con un procedimiento que permita determinar el potencial minero de recursos metálicos y no metálicos a nivel regional.
- Asegurar que los mapas de potencial minero metálico y no metálico sean lo suficientemente representativos para mostrar la importancia económica del territorio, en base a variables debidamente ponderadas.

#### **ALCANCE**

El Manual de Evaluación de Recursos y Potencial Minero será de aplicación para el personal especializado de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos – DRME – INGEMMET, así como para el personal encargado de los temas de ZEE y OT de los Gobiernos Regionales, acreditado por INGEMMET.



# Capítulo I



## Definiciones sobre la naturaleza de los yacimientos minerales

Desde los inicios de la humanidad, el ser humano ha hecho uso de recursos minerales metálicos y no metálicos para la elaboración de herramientas, armas, instrumentos, adornos e insumos para diversas aplicaciones; el desarrollo tecnológico no hubiera podido ser posible sin contar con los minerales. Los minerales son indispensables para el desarrollo socioeconómico de una región en la vida diaria.

### 1.1 Yacimientos minerales

Son concentraciones anómalas de minerales de interés económico, sean estas en volumen, calidad o facilidad de explotación, que se forman como producto de una serie de procesos geológicos. Según la complejidad de los procesos geológicos, se pueden formar diversos tipos de yacimientos de diferentes elementos, minerales, concentraciones, dimensiones, formas, características geológicas y nivel de emplazamiento.

La compleja evolución geológica del territorio peruano ha permitido la formación de una diversidad de tipos de yacimientos, a tal punto que si analizamos el esquema de clasificación general de yacimientos minerales, observaremos que en nuestro país existe más del 90% de ellos.

### 1.2 Origen de los yacimientos minerales

Se forman por una serie de procesos geológicos de miles o millones de años de duración. Implican básicamente los siguientes cuatro pasos:

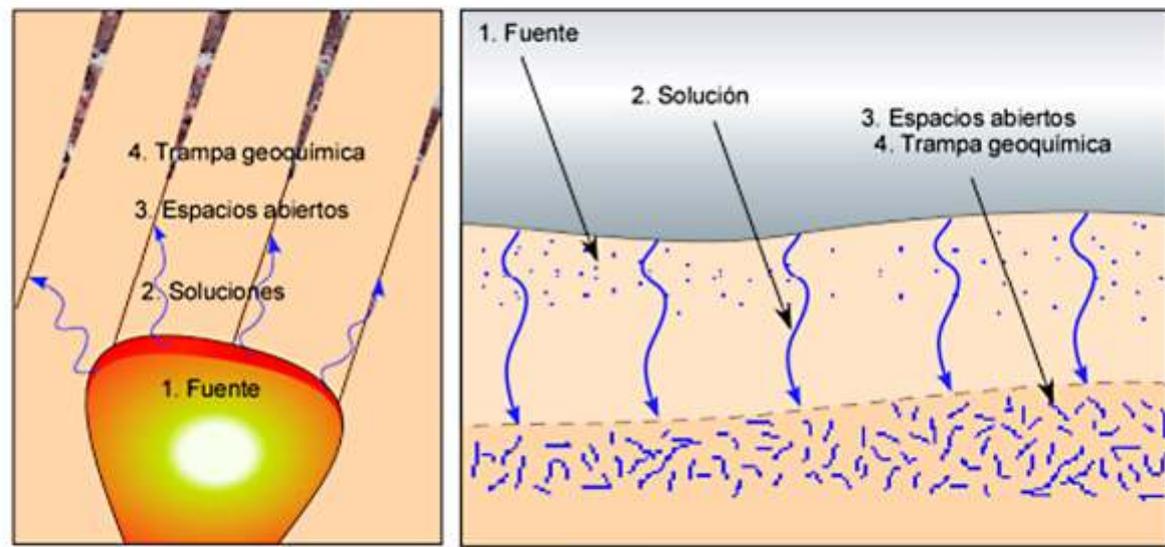
- 1) Existencia de una fuente de elementos valiosos;
- 2) Presencia de soluciones acuosas capaces de transportar a los elementos valiosos;
- 3) Presencia de espacios abiertos por donde fluyen las soluciones en búsqueda del equilibrio físico-químico;
- 4) Trampa geoquímica que provoque la precipitación masiva del mineral o minerales de interés económico.

Estos cuatro puntos constituyen los requisitos mínimos necesarios para la formación de un yacimiento, independientemente de si se ha formado por procesos magmáticos, metamórficos y/o sedimentarios, o que se hayan formado simultáneamente o posteriormente a la roca que los alberga. Los términos hipógeno, supérgeno, endógeno, exógeno, epigenético y singenético explican tales relaciones espaciales y temporales (ver glosario).

Un ejemplo de la formación de un sistema magmático hipógeno se muestra en la figura 1.1. Como sabemos, el magma contiene diversos elementos químicos –entre ellos algunos de interés económico– como el oro, la plata, el cobre y el molibdeno; así vemos que el magma es una fuente de elementos valiosos. Si existe suficiente cantidad de líquido capaz de transportar a los átomos de oro, entonces este elemento ascenderá desde la cámara magmática a través de las fracturas de las rocas hasta las zonas de menor presión, lugar donde se dan las condiciones físicas apropiadas para la precipitación de minerales de oro, configurando así un yacimiento aurífero.

La formación de un yacimiento por procesos supérgenos también se muestra en la figura 1.1. Es el caso de rocas cercanas a superficies con bajas concentraciones de cobre, las cuales constituyen la fuente del elemento valioso. Las soluciones que discurren por superficie (agua de lluvia, ríos, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> entre otros.) se filtran a través de la cavidades de la roca oxidando a los minerales de cobre, estos se descomponen y liberan al elemento químico cobre que pasa a formar parte de la solución. La solución con contenido de cobre se filtra cada vez a mayor profundidad, hasta que encuentran a una determinada profundidad, un nivel con oquedades y con las condiciones físicas apropiadas para precipitar. Por ejemplo, en el nivel de aguas subterráneas, se formará un yacimiento del tipo de enriquecimiento secundario o supérgeno.

**Figura 1.1** Esquema de la formación de un yacimiento metálico por procesos hipógenos (izquierda) y supérgenos (derecha). Fuente: H. Chirif (2011) - Formación de minerales, rocas y yacimientos. INGEMMET.



**1.3 Ambientes de formación de los yacimientos minerales**

La combinación de los caracteres supérgeno/hipógeno y singenético/epigenético define cuatro campos caracterizados por rangos amplios de condiciones físico-químicas, tales como presión, temperatura, pH, Eh (cuadro 1.1). En ellos reconocemos a los ambientes ígneo, metamórfico y sedimentario, en los que se formarán cuerpos minerales de diferentes dimensiones, formas, asociaciones mineralógicas, concentraciones, texturas y estructuras, que en

conjunto se definen como tipos de yacimientos.

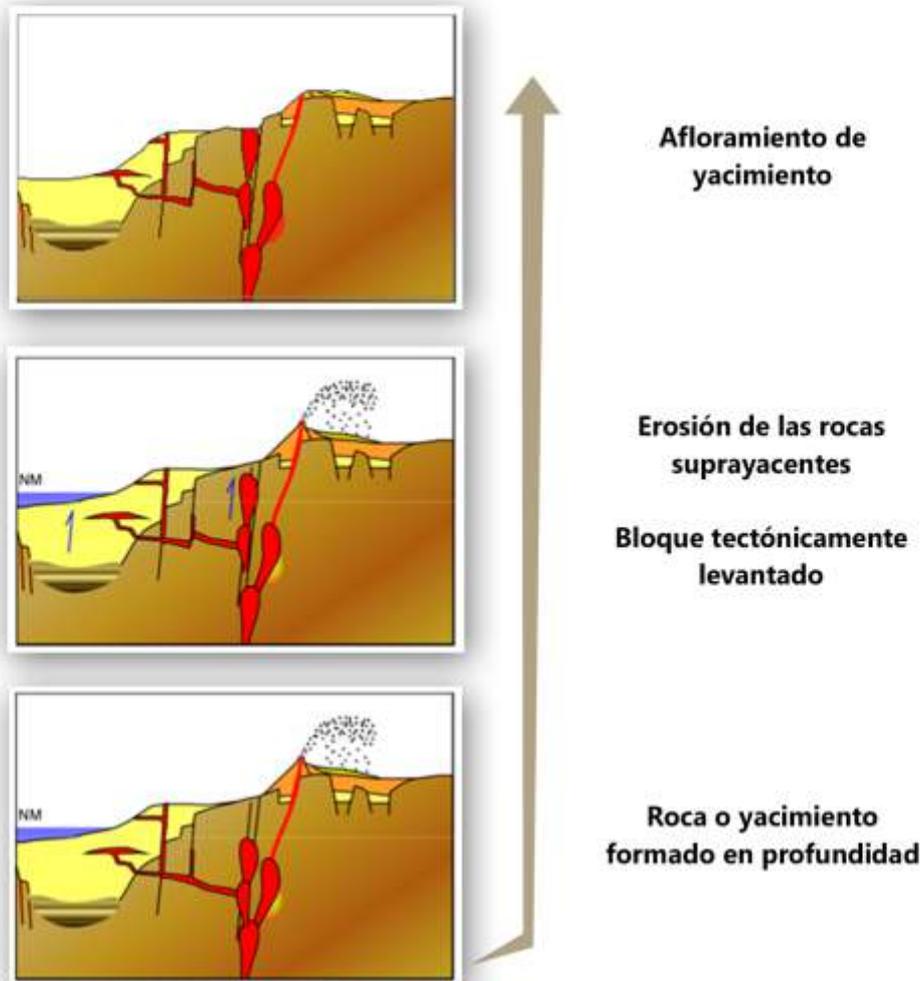
Adicionalmente al ambiente geológico en el que se ha formado el yacimiento, los bloques tectónicos ascienden a velocidades muy bajas e imperceptibles; y la acción conjugada del ascenso de bloques tectónicos con la erosión superficial trae como consecuencia que yacimientos que se han formado a grandes profundidades (hipógenos) estén actualmente emplazados muy cerca de la superficie o hasta aflorando en ella, tal como se esquematiza en las figuras 1.2 y 1.3.

**Cuadro 1.1** Ambientes geológicos. En letra cursiva, tipos de yacimientos que se pueden generar en ellos

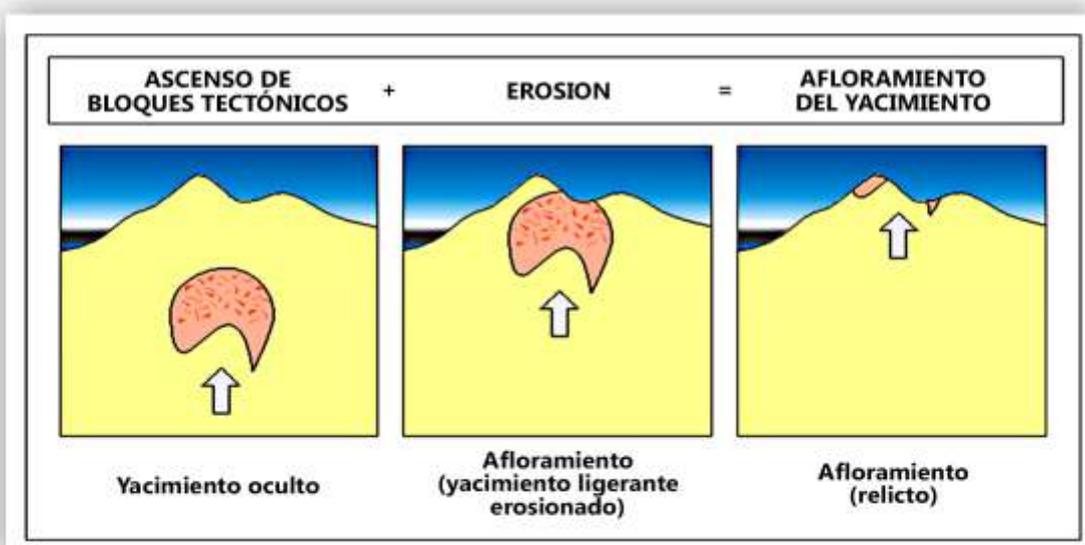
	SINGENÉTICO	EPIGENÉTICO
<b>Supérgeno</b>	Ambiente sedimentario Ambiente sindiagenético <i>Mississippi Valley (sindiagenético)</i>	Ambiente sedimentario <i>Enriquecimiento secundario</i> <i>Reemplazamiento</i> <i>Capas Rojas</i>
<b>Hipógeno</b>	Ambiente ígneo <i>Sulfuros Masivos Volcanogénicos(*)</i> <i>IOCG(*)</i> <i>Pórfidos de cobre(*)</i>	Ambiente ígneo Ambiente metamórfico <i>Vetas</i> <i>Skarn</i> <i>Yac. Metamorfógenos</i>

(\*) Estos Yacimientos también presentan una zona de mineralización supérgena.

**Figura 1.2** Representación de la acción conjugada del levantamiento tectónico y la erosión superficial que genera el afloramiento de rocas o yacimientos formados en profundidad.  
Fuente: H. Chirif (2011) - Formación de minerales, rocas y yacimientos. INGEMMET.



**Figura 1.3** Como producto de la acción conjugada del levantamiento y erosión superficial, se generan yacimientos aflorantes en los que se preserva la mayor parte del yacimiento o, en otros casos, quedan solo relictos de la mineralización y un yacimiento que ha sido erosionado casi en su totalidad.  
Fuente: H. Chirif (2011) - Formación de minerales, rocas y yacimientos. INGEMMET.



## 1.4 Tipos de yacimientos minerales y clasificación

En función a los procesos geológicos y ambientes de formación, se generan diversos tipos de yacimientos, los mismos que se evidencian por sus características externas, tales como dimensión, morfología, rocas asociadas, alteraciones, minerales, texturas y estructuras.

La diversidad de tipos de yacimientos ha generado numerosos sistemas de clasificación basados en interpretaciones metalogenéticas (proceso y temperatura de formación) y otras características observables (metal, mineralogía, litología, morfología). El carácter interpretativo disminuye en la medida en que avanzan los conocimientos científicos y la tecnología necesaria para poder realizar investigaciones orientadas a reconocer los procesos y condiciones de formación. De esta manera los sistemas de clasificación se basan cada vez más en

modelos metalogenéticos, y las nuevas tecnologías apuntan a replantearlos o modificarlos regularmente.

Estos diferentes tipos de yacimientos generan, a su vez, diferentes expectativas en las empresas mineras y de exploraciones, de tal manera que se puede percibir cierta afinidad entre empresas de gran, mediana y pequeña inversión minera, cada una de ellas con determinados tipos de yacimientos (cuadro 1.2). Así por ejemplo, hay empresas especializadas en la exploración de pórfidos de cobre; las que realizan siguiendo las características geológicas de este tipo de yacimiento. Es por ello que, la exploración minera es una actividad especializada, que consiste en una búsqueda sistemática que sigue evidencias geológicas, para lo cual es necesario tener un adecuado nivel de conocimientos teóricos y de las principales características geológicas de los yacimientos y del potencial regional de recursos minerales.

**Cuadro 1.2** Principales tipos de yacimientos minerales. Ejemplos peruanos y escala de minería relacionada

TIPO	SUBTIPO	METALES	EJEMPLOS	ESCALA MINERÍA
Epitermal	Epitermal de alta sulfuración	Cu, Au, As (Ag, Pb)	Yanacocha, Pierina, Lagunas Norte	GM
	Epitermal de baja sulfuración	Au, Ag (Zn, Pb, Cu)	Arcata, Madrigal, Orcopampa	MM
Pórfido	Pórfidos Cu-Mo	Cu-Mo	Cerro Verde	GM
	Pórfidos Cu-Au	Cu-Au	La Granja	GM
	Pórfidos W-Cu	W-Cu	Pasto Bueno	MM
Skarn		Sn-Ag-Bi-W		
		Cu-Au	Tintaya, Antamina, Las Bambas	GM
		Polimetálicos	Milpo, Atacocha	MM

La distribución de los diversos tipos de yacimientos minerales obedece a la naturaleza de los procesos geológicos que se han

producido en las diferentes zonas de una región y que han podido generar determinado(s) tipo(s) de yacimiento(s).



## Capítulo II





## Evaluación de los Recursos y Potencial Minero

La evaluación de los recursos y potencial minero regional es la estimación de la aptitud que tiene una zona en cuanto a sus posibilidades para desarrollar la actividad minera. Para ello se basa en las características geológicas, estructurales, geoquímicas, así como evidencias de operaciones y proyectos mineros avanzados o indicios de prospectos, ocurrencias minerales y anomalías.

Para la evaluación de los recursos metálicos, se consideran las siguientes variables:

- Unidad geológica.
- Depósitos minerales metálicos.
- Catastro minero metálico / Concesiones mineras.
- Fallas geológicas/ Estructural.
- Sensores remotos/ Anomalías espectrales.
- Geoquímica.

Para la evaluación de los recursos no metálicos y de rocas y minerales industriales (RMI), se consideran las siguientes variables:

- Litología.
- Sustancia.
- Catastro minero no metálico.
- Anomalías espectrales.
- Vías de acceso.

Se ha elaborado una matriz para la determinación de potencial tanto metálico como no metálico (RMI) en la cual, basados en un criterio geológico, se otorga una valoración para cada variable.

Por tratarse de una evaluación netamente técnica, en dicha evaluación no se consideran externalidades como la situación política, económica o social de la región y el país. Tales aspectos pueden contrastarse con el potencial minero como parte de estudios prospectivos posteriores.

La información básica debe partir de los inventarios de recursos minerales y el tratamiento de dicha información debe ser estandarizado, tal como se indica en los capítulos siguientes.

### 2.1 Importancia de la Evaluación del Potencial Minero

Es importante porque sirve de base para diferentes aplicaciones, tanto en las instituciones públicas como privadas, siendo las principales las siguientes:

- Es un instrumento técnico base que nos permite orientarnos mejor para el logro efectivo del desarrollo sostenible.
- Permite realizar estudios de Zonificación Ecológica Económica y Ordenamiento Territorial (ZEE-OT).
- Permite planificar la promoción de la inversión minera.
- Permite tomar decisiones de negocios / inversiones complementarios a la minería, entre otras.

El potencial minero regional estará determinado por la información de los recursos existentes, así como por el resultado de su extrapolación de ésta. Esta información sitúa espacialmente los ambientes geológicos con mayores posibilidades de albergar recursos minerales.

### 2.2 Ambientes geológicos potenciales

Concluido el inventario de recursos minerales, como primera fase de la evaluación de potencial, se procede a identificar los ambientes geológicos asociados a la mineralización. A estos se les denomina como ambientes geológicos potenciales que son los modelos básicos para la determinación del potencial.

#### DELINEAMIENTO DE LOS AMBIENTES GEOLÓGICOS POTENCIALES

Se determinan tomando como base solamente consideraciones geológicas, sin que tengan ninguna relación con límites de naturaleza geográfica o política. Se establecen en base a su similitud con los ambientes geológicos conocidos, independientemente de las sustancias minerales que en estos últimos ocurran.

En coordinación con la Oficina de Sistemas de Información-INGEMMET, se ingresará la información de cada ambiente geológico a la base de datos, integrada como capas en formato GIS.

### 2.3 Instituciones competentes para evaluar el potencial minero

Conforme a la normativa legal vigente, corresponde a los Gobiernos Regionales encargarse de esta labor.

El INGEMMET está encargado de administrar la información generada a través de una base de datos interconectada a nivel nacional que actualice la información que periódicamente debe remitir los Gobiernos Regionales respecto del potencial minero de su jurisdicción territorial.





# Capítulo III



## Procedimiento para la evaluación de los Recursos y Potencial Minero

Se basa exclusivamente en parámetros geológicos y mineros, dejando de lado aspectos geográficos, logísticos, políticos, legales, sociales y económicos, con el fin de posibilitar un estudio netamente técnico.

### 3.1 Metodología

Se propone la evaluación del potencial minero regional considerando seis variables ponderadas para el caso de Recursos Minerales Metálicos y cinco para Recursos Minerales No Metálicos (RocasyMineralesIndustriales).

Los parámetros que evalúan este método provienen de la información que se obtiene producto del inventario de recursos minerales.

La aplicación de la propuesta de INGEMMET sirve para elaborar el sub modelo de recursos naturales no renovables en el proceso de zonificación ecológica económica regional.

Para establecer la valoración de las variables, se consideran cuatro grados o niveles (muy alto, alto, medio y bajo), con sus respectivos valores para cada nivel (veintiún valores, en sucesión decimal del uno al tres) (cuadro 3.1). Cuando no se tenga el suficiente detalle, el valor que le corresponderá será el promedio del grado o nivel; por ejemplo si la calificación es "alto", le corresponderá el valor "2.2".

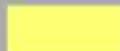
En virtud de que el territorio peruano presenta dos grandes rasgos morfoestructurales que están relacionados directamente con la presencia de mineralización metálica, esto es, el Orógeno Andino y la Llanura Amazónica, consideramos de grado "bajo" a las unidades cartográficas que se ubican en la Llanura Amazónica y, en los niveles "medio", "alto" y "muy alto" a las unidades que corresponden al Orógeno Andino.

Cada grado o nivel será representado con un color, de acuerdo al cuadro 3.2:

**Cuadro 3.1** Matriz de Valoración

GRADO O NIVEL	VALOR DE CADA NIVEL	UNIDAD CARTOGRÁFICA ASIGNADA PARA CALIFICAR
MUY ALTO	3	
	2.9	
	2.8	
	2.7	
	2.6	
	2.5	
ALTO	2.4	
	2.3	
	2.2	
	2.1	
	2	
MEDIO	1.9	
	1.8	
	1.7	
	1.6	
	1.5	
BAJO	1.4	
	1.3	
	1.2	
	1.1	
	1	

**Cuadro 3.2** Escala de colores para cada grado

GRADO O NIVEL	ÁREA DE INFLUENCIA	RGB
Muy alto		217-120-140
Alto		255-127-74
Medio		152-230-0
Bajo		255-255-115

### 3.2 Determinación del potencial minero metálico

Para efectos de la determinación del potencial minero metálico (Figura 3.1) deben considerarse las siguientes variables:

- Depósitos minerales metálicos.
- Unidad geológica.

- c. Fallas.
- d. Geoquímica.
- e. Sensores remotos.
- f. Concesiones mineras.

Una variable que también podría ser considerada es GEOFÍSICA, la que por ahora no trataremos debido a que la información disponible es escasa.

**Figura 3.1** Proceso de determinación del potencial minero metálico



### 3.2.1 Evaluación ponderada de variables-potencial metálico

De acuerdo al proceso analítico jerárquico aplicado a las seis variables consideradas, se

elaboró una matriz de comparaciones pareadas que dio lugar a la tabla 3.1; en ella, se aprecia las sumas ponderadas para cada variable, con lo que se obtiene el peso de cada atributo o variable considerada (tabla 3.2).

**Tabla 3.2** Ponderación de variables o atributos

ATRIBUTO	UNIDAD GEOLÓGICA	CONCESIONES MINERAS	FALLAS	DEPÓSITOS MINERALES METÁLICOS	GEOQUÍMICA	SENSORES REMOTOS
Unidad Geológica	0.481	1.197	0.871	0.481	0.304	0.247
Concesiones Mineras	0.096	0.239	0.435	0.344	0.304	0.247
Fallas	0.080	0.080	0.145	0.206	0.228	0.192
Depósitos Minerales Metálicos	0.069	0.048	0.048	0.069	0.114	0.082
Geoquímica	0.060	0.030	0.024	0.023	0.038	0.055
Sensores Remotos	0.053	0.027	0.021	0.023	0.019	0.027

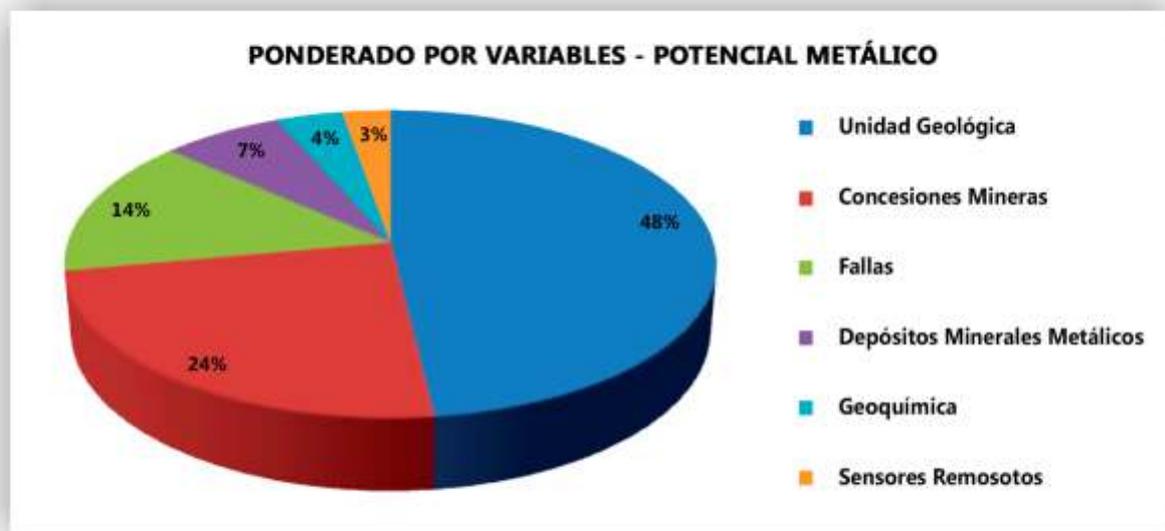
**Tabla 3.1** Vector de la suma ponderada

ATRIBUTO	UNIDAD GEOLÓGICA
Unidad Geológica	0.481
Concesiones Mineras	0.096
Fallas	0.080
Depósitos Minerales Metálicos	0.069
Geoquímica	0.060
Sensores Remotos	0.053

En la figura 3.2, se distingue cuáles son las variables con mayor importancia que explican el 86% de la determinación del potencial minero metálico:

- Unidad geológica.
- Concesiones mineras.
- Fallas.

Figura 3.2 Diagrama de ponderación de variables o atributos del potencial minero metálico



### VARIABLE: UNIDAD GEOLÓGICA

Las unidades geológicas son el conjunto de rocas que se encuentran identificadas según su litología y edad como unidades estratigráficas sedimentarias, metamórficas o ígneas, que tienen una denominación específica y reconocida en todo el país. Como unidades estratigráficas están clasificadas en formaciones o grupos; las unidades

metamórficas constituyen fundamentalmente complejos paleozoicos; en tanto que las unidades ígneas están definidas como cuerpos intrusivos o como volcánicos.

Para definir la manera como se debe procesar esta variable, en primer lugar se han identificado las unidades favorables a la mineralización (metalotectos), como se aprecia en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3** Unidades geológicas favorables a la mineralización

UNIDADES LITOLÓGICAS	
Complejo Paleozoico Marañón	Intrusivos del Batolito de la Costa (Sur)
Depósitos morrénicos	Intrusivos del Batolito Abancay (Andahuaylas-Yauri)
Fms. Sandía y Ananea	Intrusivos del Batolito de la Cordillera Blanca
Formación Chicama del Jurásico superior	Intrusivos del Batolito de la Costa (Centro)
Formación Chúlec del Cretácico inferior	Intrusivos del Batolito de Pataz Buldibuyo
Formación Ferrobamba	Intrusivos del Paleozoico (Hercínico)
Formación Jumasha del Cretácico superior	Depósitos cuaternarios enriquecidos
Intrusivos Bella Unión	Rocas ultrabásicas del Proterozoico
Intrusivos de la Cordillera del Cóndor	Formación Oyotún
Intrusivos del Batolito de la Costa (Norte)	Stocks del Mioceno
<b>Grupo Barroso</b>	Fm. Chila
	Fm. Sencca
	Fm. Acopata
	Fm. Ulmayo
	Fm. Sumbay
	Fm. Pata Pampa

<b>Grupo Calipuy</b>	Fm. Paracullia
	Llama
	Chilete
	Tembladera
<b>Grupo Casma</b>	San Pablo
	Fm. Cochapunta
	Fm. Punta Gramadal
	Fm. La Zorra
	Fm. Breas
	Fm. Lupin Pararín
	Fm. Ereo
<b>Grupo Copacabana</b>	Fm. La Bocana
<b>Grupo Excelsior</b>	Callzas Copacabana
<b>Grupo Goyllarisquisga</b>	Lutitas y areniscas Excelsior
	Fm. Oyón
	Fm. Chimú
	Fm. Santa
	Fm. Carhuaz
	Fm. Farrat
<b>Grupo Mitu</b>	Grupo Mitu
<b>Grupo Pucará</b>	Fm. Chambará
	Fm. Aramachay
	Fm. Condorsinga
	Fm. La Leche
<b>Grupo Casma</b>	Fm. Quilmaná
<b>Grupo Toquepala</b>	Fm. Chulluncane
	Fm. Toquepala
	Fm. Tarata
<b>Grupo Yura</b>	Fm. Soraya
	Fm. Puente
	Fm. Cachíos
	Fm. Labra
	Fm. Hualhuani
	Fm. Gramadal
<b>Secuencia Carbonatada del Cretáceo inferior-superior</b>	Fm. Inca
	Fm. Pariatambo
	Fm. Celendín
	Fm. Pariahuanca

Asimismo, estas unidades geológicas o metalotectos están ligadas a diferentes tipos de depósitos minerales tales como epitermales, pórfidos, skarns, sulfuros masivos volcanogénicos, entre otros, que a

su vez tienen diferentes contenidos metálicos; esta consideración nos permite identificar y relacionar las unidades geológicas con los principales tipos de depósitos minerales (tabla 3.4).

Tabla 3.4 Unidades geológicas y tipos de depósitos relacionados

ATRIBUTO	METALES	UNIDAD GEOLÓGICA
EPITERMALES	Au-Ag	Grupo Calipuy, Grupo Barroso, Grupo Tacaza, Fm. Chimú, Volc. Porculla, Fm. Soraya.
	Ag-Pb-Zn	Grupo Calipuy, Grupo Barroso, Grupo Tacaza, Volc. Porculla, Grupo Pulluicana, Fm. Pariatambo, Fm. Chota.
VETAS	Au-Ag	Batolito de la Costa (norte, y sur), Batolito de Pataz; Fms. Sandía y Ananea, Grupo Excelsior, Fm. Cajamarca.
PÓRFIDOS	Au-Cu	Batolito de la Costa (sur), Batolito de Abancay, Stocks del Mioceno, Fm. Soraya, Intrusivos de la Cordillera del Cóndor, Grupo Pulluicana.
	Cu-Mo-W	Batolito de la Cordillera Blanca, Grupo Quilmaná, Fm. Oyotún, Grupo Toquepala.
SKARN Y REEMPLAZAMIENTO	Ag-Pb-Zn	Grupo Pucará, Grupo Copacabana, Fm. Santa, Fm. Carhuaz, Secuencia carbonatada del Cretácico, Fm. Chúlec, Fm. Ferrobamba, Fm. Jumasha.
	Cu-Pb-Zn	Grupo Pucará, Grupo Copacabana, Fm. Santa, Fm. Chúlec, Secuencia carbonatada del Cretácico, Fm. Jumasha.
PLACERES	Au	Depósitos Cuaternarios, depósitos morrénicos.
	Otros	Depósitos Cuaternarios, depósitos morrénicos.
VMS	Au-Cu-Pb	Formación Ereo.
	Pb-Zn-Cu	Grupo Casma, Fm. La Bocana, Grupo Quilmaná.
MVT	Ag-Pb-Zn	Grupo Pucará (Chambará).
IOCG	Fe-Cu-Au	Grupo Casma, Fm. Oyotún, Fm. Chocolate, Fm. Guaneros.
MANTOS	Au-Ag	Grupo Mitu, Complejo Paleozoico del Maraón, Fm. Chicama.
	Pb-Zn-Cu	Intrusivos del Paleozoico.
	Fe	Complejo del Maraón.
VETAS	Cu-Pb-Zn	Batolito de la Costa (centro), Grupo Excelsior, Intrusivos Bella Unión.
	Fe	Complejo Paleozoico del Maraón.

Para la valoración de las unidades geológicas, se establecieron dieciocho niveles. A cada uno se le ha asignado un valor en escala exponencial de base binaria (tabla 3.5). Los diez diferentes valores

resultantes fueron categorizados en los cuatro niveles de potencial (tabla 3.6), el nivel "bajo" quedó para las unidades que no figuran en la tabla y las que se ubican en la Llanura Amazónica.

Tabla 3.5 Escala de Valores

TIPO DE DEPÓSITO	METALES	VALOR EN ESCALA EXPONENCIAL
EPITERMALES	Au-Ag	512
	Ag-Pb-Zn	256
VETAS	Au-Ag	128
PÓRFIDOS	Au-Cu	128
	Cu-Mo-W	64
SKARN Y REEMPLAZAMIENTO	Ag-Pb-Zn	64
	Cu-Pb-Zn	32
PLACERES	Au	32
	Otros	16
VMS	Au-Cu-Pb	16
	Pb-Zn-Zn	8
MVT	Ag-Pb-Zn	16
IOCG	Fe-Cu-Au	4
MANTOS	Au-Ag	8
	Pb-Zn-Cu	4
	Fe	2
VETAS	Cu-Pb-Zn	2
	Fe	1

Tabla 3.6 Categorización de Valores Exponenciales

NIVEL	VALORES EXPONENCIALES
MUY ALTO	128-256- 512
ALTO	16-32- 64
MEDIO	2-4-8
BAJO	1

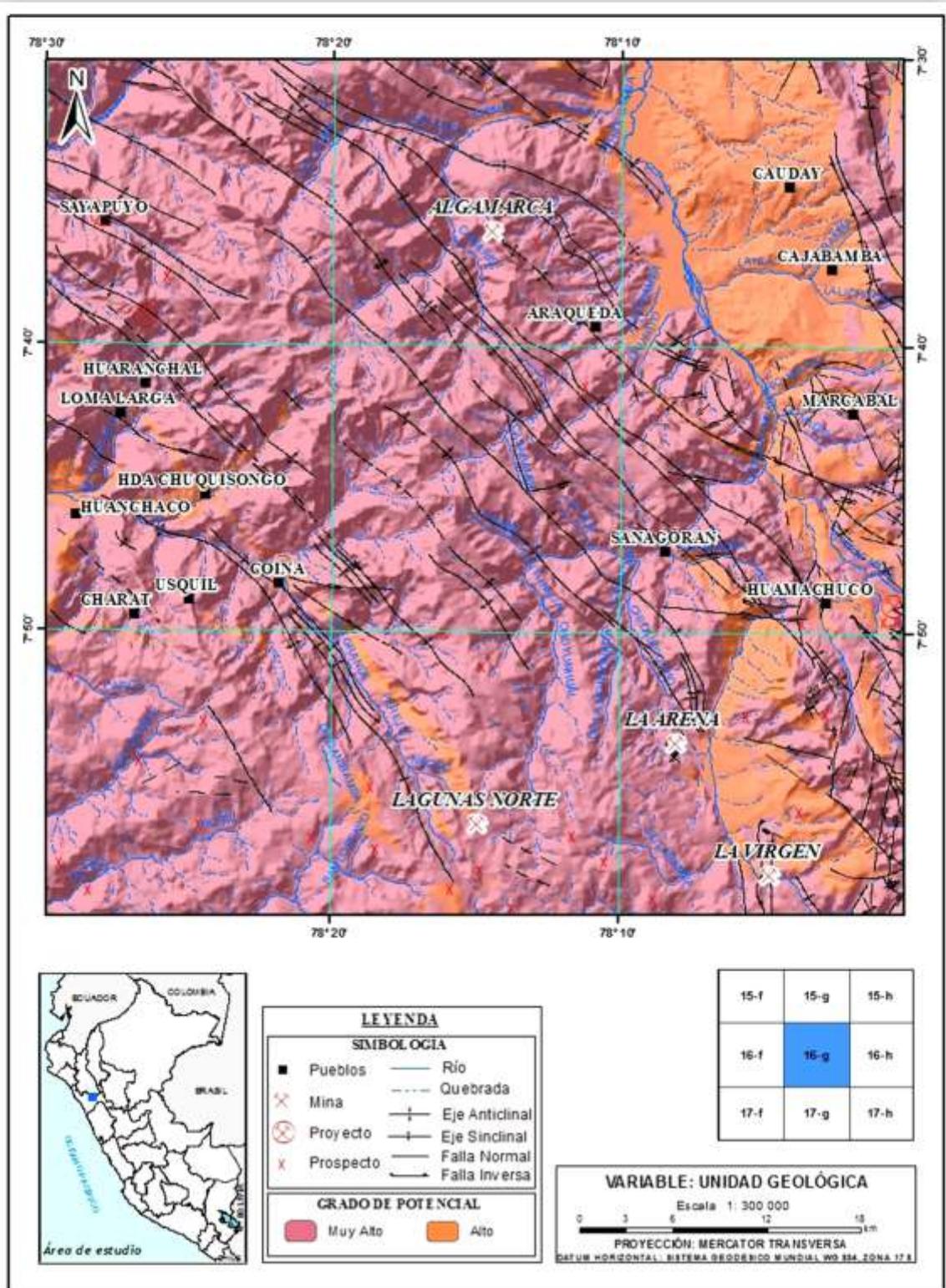
Los valores exponenciales fueron llevados a una matriz de valoración, escalada de 1 a 3 (cuadro 3.1). De esta manera se obtiene la capa de potencial por unidades litológicas (tabla 3.7).

De esta manera, la valoración de cada unidad geológica se hace de acuerdo a la tabla 3.7; dependiendo del tipo de depósito que alberga, una unidad puede tener valoraciones distintas. Para el caso de las regiones se debe trabajar la base geológica 1:100 000 de los cuadrángulos de la Carta Geológica. En la figura 3.3 se muestra un ejemplo del desarrollo de esta variable para el caso del cuadrángulo de Cajabamba (16-g).

Tabla 3.7 Valoración de las unidades geológicas favorables a la mineralización basada en los tipos de depósitos

TIPO DE DEPÓSITO	METALES	UNIDAD GEOLÓGICA	VALOR	GRADO O NIVEL
EPITERMALES	Au-Ag	Grupo Calipuy, Grupo Barroso, Grupo Tacaza, Fm. Chimú, Fm. Porculla, Fm. Soraya.	3.0	Muy Alto
	Ag-Pb-Zn	Grupo Calipuy, Grupo Barroso, Grupo Tacaza, Fm. Porculla, Grupo Pulluicana, Fm. Pariatambo, Fm. Chota.	2.9	Muy Alto
VETAS	Au-Ag	Batolito de la Costa (norte, y sur), Batolito de Patate, Fms. Sandía y Ananea, Grupo Excelsior, Fm. Cajamarca.	2.8	Muy Alto
PÓRFIDOS	Au-Cu	Batolito de la Costa (sur), Batolito de Abancay, Stocks del Mioceno, Fm. Soraya, Intrusivos de la Cordillera del Cóndor, Grupo Pulluicana.	2.8	Muy Alto
	Cu-Mo-W	Batolito de la Cordillera Blanca, Grupo Quilmaná, Fm. Oyotún, Grupo Toquepala.	2.7	Muy Alto
SKARNY REEMPLAZAMIENTO	Ag-Pb-Zn	Grupo Pucará, Grupo Copacabana, Fm. Santa, Fm. Carhuaz, Secuencia carbonatada del Cretácico, Fm. Chulec, Fm. Ferrobamba, Fm. Jumasha.	2.7	Muy Alto
	Cu-Pb-Zn	Grupo Pucará, Grupo Copacabana, Fm. Santa, Fm. Chulec, Secuencia carbonatada del Cretácico, Fm. Jumasha.	2.6	Muy Alto
PLACERES	Au	Depósitos Cuaternarios, depósitos morrénicos.	2.7	Muy Alto
	Otros	Depósitos Cuaternarios, depósitos morrénicos.	2.5	Alto
VMS	Au-Cu-Pb	Grupo Pucará (Chambará).	2.7	Muy Alto
	Pb-Zn-Zn	Formación Ereo.	2.6	Muy Alto
MVT	Ag-Pb-Zn	Grupo Casma, Fm. La Bocana, Grupo Quilmaná.	2.4	Alto
IOCG	Fe-Cu-Au	Grupo Casma, Volcánicos Oyotún, Fm. Chocolate, Fm. Guaneros.	2.4	Alto
MANTOS	Au-Ag	Grupo Mitu, Complejo del Marañón, Fm. Chicama.	2.3	Alto
	Pb-Zn-Cu	Intrusivos Paleozoicos.	2.3	Alto
	Fe	Complejo del Marañón.	2.2	Alto
VETAS	Cu-Pb-Zn	Batolito de la Costa (centro), Grupo Excelsior, Intrusivos Bella Unión.	2.1	Alto
	Fe	Complejo del Marañón.	2.0	Alto
Otras unidades expuestas en el Orógeno Andino.			1.7	Medio
Unidades recientes o expuestas en la Amazonía.			1.2	Bajo

Figura 3.3 Mapa de la variable unidad geológica, cuadrángulo 16-g



**VARIABLE: CONCESIONES MINERAS**

Para desarrollar la variable de concesiones, se emplea el catastro minero actualizado en el que

se distinguen, según el estado en que se encuentren, concesiones tituladas, concesiones en trámite, derechos mineros extinguidos y otros (tabla 3.8).

**Tabla 3.8** Tipos de concesiones

ESTADO	LEYENDA	COLOR DE LEYENDA
D.M. Titulado D.L. 109	TITULADO	AZUL
D.M. Titulado D.L. 109	TITULADO	AZUL
Acumulación D.M. titulada	TITULADO	AZUL
D.M. Titulado D.L. 708	TITULADO	AZUL
D.M. en trámite D.L. 109	TRAMITE	VERDE
D.M. en trámite D.L. 708	TRAMITE	VERDE
Canteras D.S. 037-96-EM	OTROS	MARRON
Plan de Beneficio	OTROS	MARRON
Labor General	OTROS	MARRON
Transporte Minero	OTROS	MARRON
Depósitos de Relaves	OTROS	MARRON
Terreno Eriazo	OTROS	MARRON
D.M. Exting. Cautelar Pod. Jud.	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Exting. Pub LD Redenunciable	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Ext. Pub. L.D. Aún No Petic.	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Exting. A publicar de L.D.	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Exting. No Peticionable	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Exting. D.L. 708 pub LD	D.M. Extinguidos	NEGRO

Es necesario mencionar que en el archivo catastral tipo "shapefile", el campo "leyenda" indica si la concesión está titulada, en trámite, extinguida, etc., mientras que el campo "naturaleza" indica si la concesión es metálica "M" o no metálica "N".

La capa denominada "concesiones" considerará aquellas de naturaleza metálica y

tituladas hasta el día en que se realice la ponderación.

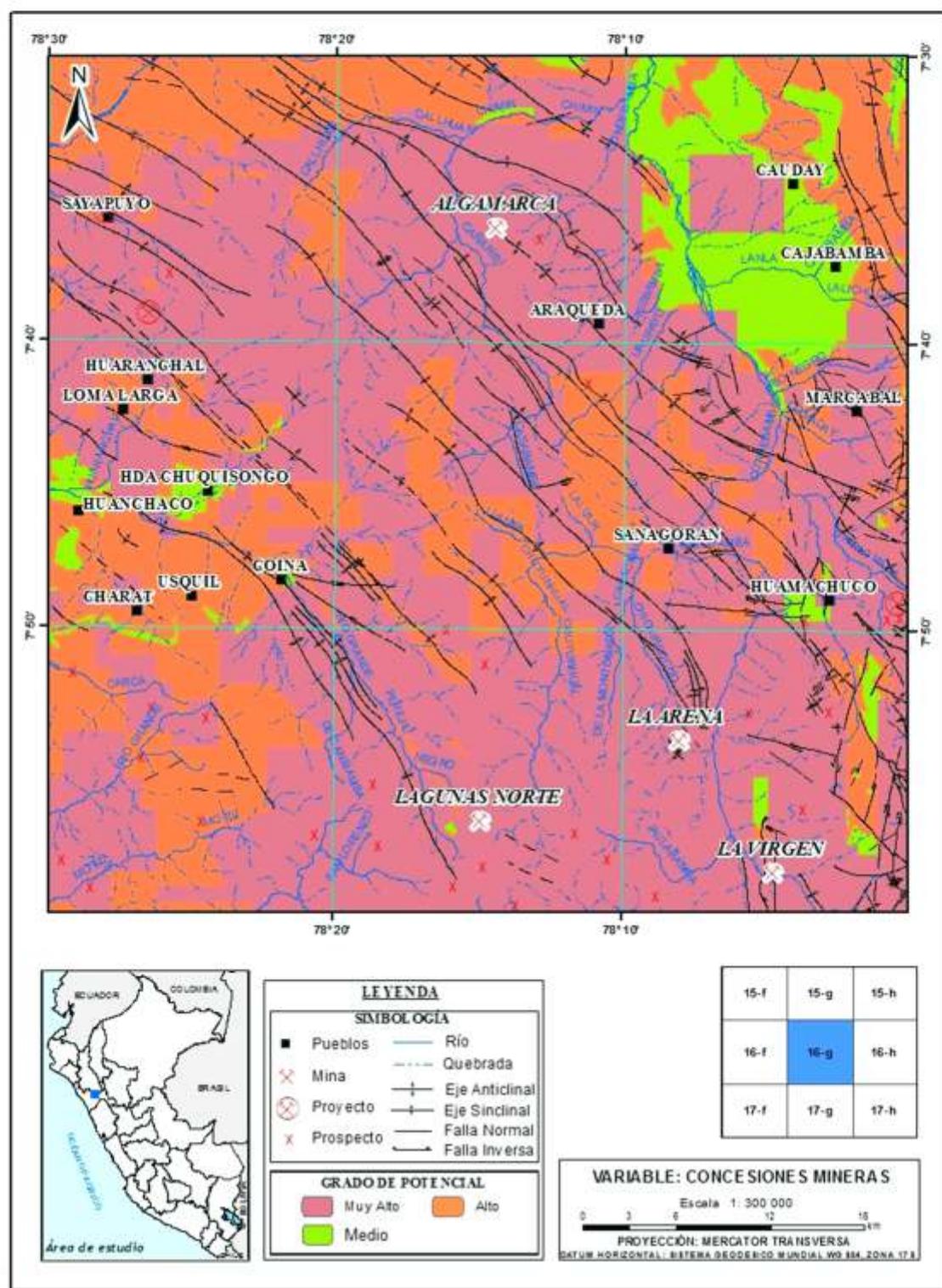
Para determinar el potencial de la variable denominada "concesiones", se deberá superponer con la capa de la variable de unidad geológica; de esta manera, la valoración para las concesiones será según la tabla 3.9.

**Tabla 3.9** Valoración de Concesiones Mineras

CONCESIONES	VALOR DE CADA NIVEL	NIVEL
Metalotectos con áreas concesionadas	3	Muy Alto
Metalotectos sin áreas concesionadas	2.8	Muy Alto
No Metalotectos con áreas concesionadas	2.4	Alto
No Metalotectos sin áreas concesionadas en el orógeno	1.7	Medio
No Metalotectos sin áreas concesionadas en la selva	1.2	Bajo

En la figura 3.4 se muestra un ejemplo del potencial de la variable de concesiones

Figura 3.4 Mapa de la variable concesiones mineras, cuadrángulo 16-g



## VARIABLE FALLAS

Para trabajar con la variable "fallas", se debe considerar las fallas de carácter local y regional reconocidas a nivel nacional, fallas que están relacionadas a los distintos tipos de depósitos y dominios geotectónicos, que delimitan muchas veces las franjas metalogenéticas.

Para proceder a la clasificación y valoración de estas, se ha considerado el criterio de longitud (tabla 3.10), con lo que se tendría la siguiente clasificación:

**Tabla 3.10** Valoración de fallas

LONGITUD DE FALLA	VALOR	GRADO O NIVEL
> 50 km	2.8	Muy alto
10 - 50 km	2.2	Alto
< 10 km	1.7	Medio
Ausencia de Fallas (Orógeno)	1.5	Medio
Ausencia de Fallas (Llanura Amazónica)	1.2	Bajo

Los valores considerados en cada clase resulta de promediar los rangos establecidos en los cinco niveles de valoración (de "bajo" a "muy alto").

En las zonas donde no se tiene evidencia de fallas, se considera un valor de fondo de 1.2 o 1.5, dependiendo de si corresponde a la Llanura Amazónica o al Orógeno, respectivamente.

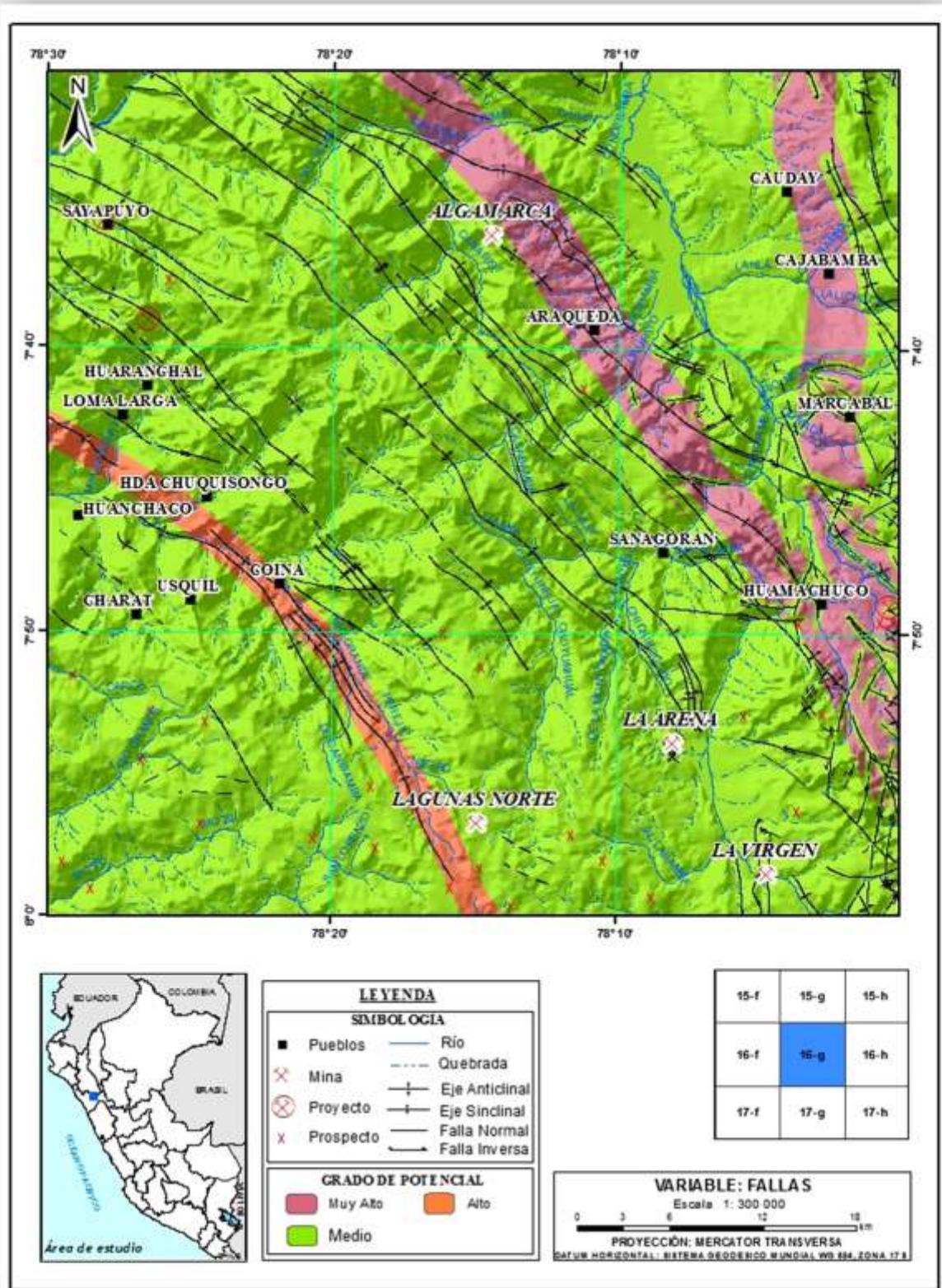
Por otro lado, para determinar el área de influencia ("buffer") se considera una distancia perpendicular al rumbo de la falla, según el siguiente detalle:

- Para fallas < 1 – 10 km → 500 m
- Para fallas de 10 – 50 km → 1 km
- Para fallas mayores a 50 km → 5 km

Esto significa que si se tiene una falla de 51 km, el área de influencia será de 5 km a cada lado de la falla.

Las áreas de influencia tendrán el valor asignado según la longitud de la falla, de manera que al elaborar el mapa de la variable estructural se determine las zonas con mayor potencial para el emplazamiento de depósitos minerales. En la figura 3.5 se muestra el desarrollo de esta variable para el cuadrángulo de Cajabamba (16-g).

Figura 3.5 Mapa de la variable fallas, cuadrángulo 16-g



**VARIABLE: DEPÓSITOS MINERALES**

Para la valoración de los depósitos minerales, se ha hecho un ranking según el estado de desarrollo de la actividad minera, en:

1. Operaciones
2. Proyectos
3. Prospectos
4. Ocurrencia y anomalía

Los depósitos minerales se han dividido, según su tamaño, en grandes, pequeños y medianos (tabla 3.11), dependiendo del tipo de elemento principal que contiene, agrupados en:

1. Metales preciosos: oro (Au), plata (Ag).
2. Metales base: cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn), estaño (Sn) y molibdeno (Mo).
3. Otros: Wolframio (W) y Uranio (U).

**Tabla 3.11** Clasificación de tamaños de depósitos minerales por elemento económico

ELEMENTO	VOLUMEN DEL DEPÓSITO MINERAL (TONELADAS FINAS)		
	PEQUEÑO	MEDIANO	GRANDE
Au	< 25	25-250	> 250
Ag	< 250	250-5,000	> 5,000
Cu	< 50,000	50,000-1,000,000	> 1,000,000
Mo	< 2,000	2,000-200,000	> 200,000
Pb	< 50,000	50,000-1,000,000	> 1,000,000
Zn	< 50,000	50,000-1,000,000	> 1,000,000
Fe	< 10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	> 10 <sup>8</sup>
Sn	< 5,000	5,000-50,000	> 50,000
W	< 500	500-10,000	> 10,000
U	< 1000	1,000-5,000	> 5,000

De esta manera, se establecieron 28 niveles, además de la posibilidad de ausencia de depósitos minerales. A cada nivel se le ha asignado un valor en escala, tomando exponenciales de base binaria 2<sup>0</sup>, 2<sup>1</sup>, 2<sup>2</sup>, 2<sup>3</sup>, 2<sup>4</sup>, 2<sup>5</sup>, entre otros. (tabla 3.12). Los valores resultantes fueron segmentados en 5 intervalos y a cada uno se le asignó un grado o nivel (tabla 3.13).

**Tabla 3.12** Determinación del valor a escala binaria de depósitos minerales por etapa de desarrollo, dimensión y tipo de metal

TIPO	DIMENSIÓN	METALES	VALOR EN ESCALA
OPERACIONES	GRANDE	METALES PRECIOSOS	1024
		METALES BASE	512
		HIERRO, OTROS	256
	MEDIANO	METALES PRECIOSOS	512
		METALES BASE	256
		HIERRO, OTROS	128
	PEQUEÑO	METALES PRECIOSOS	256
		METALES BASE	128
		HIERRO, OTROS	64
PROYECTOS	GRANDE	METALES PRECIOSOS	128
		METALES BASE	64
		HIERRO, OTROS	32
	MEDIANO	METALES PRECIOSOS	64
		METALES BASE	32
		HIERRO, OTROS	16
	PEQUEÑO	METALES PRECIOSOS	32
		METALES BASE	16
		HIERRO, OTROS	8
PROSPECTOS	GRANDE	METALES PRECIOSOS	16
		METALES BASE	8
		HIERRO, OTROS	4
	MEDIANO	METALES PRECIOSOS	8
		METALES BASE	4
		HIERRO, OTROS	2
	PEQUEÑO	METALES PRECIOSOS	4
		METALES BASE	2
		HIERRO, OTROS	1
OCURRENCIA/ ANOMALÍA			-
AUSENCIA EN EL ORÓGENO			-

**Tabla 3.13** Segmentación del valor a escala binaria para determinación del grado o nivel por depósitos minerales

POTENCIAL	VALOR A ESCALA BINARIA	VALORES
Muy alto	128- 256- 512-1024	2.5, 2.7, 2.9, 3.0
Alto	8-16-32 64	2.1, 2.2, 2.3, 2.4
Medio	1-2-4	1.6, 1.7, 1.9
Bajo	-	1.4, 1.2

Los valores a escala binaria fueron llevados a escala de 1 a 3 (cuadro 3.1); de esta manera, se obtiene el

grado o nivel por tipo de depósitos minerales (tabla 3.14)

**Tabla 3.14** Determinación del potencial de los depósitos minerales por etapa de desarrollo, dimensión y tipo de metal

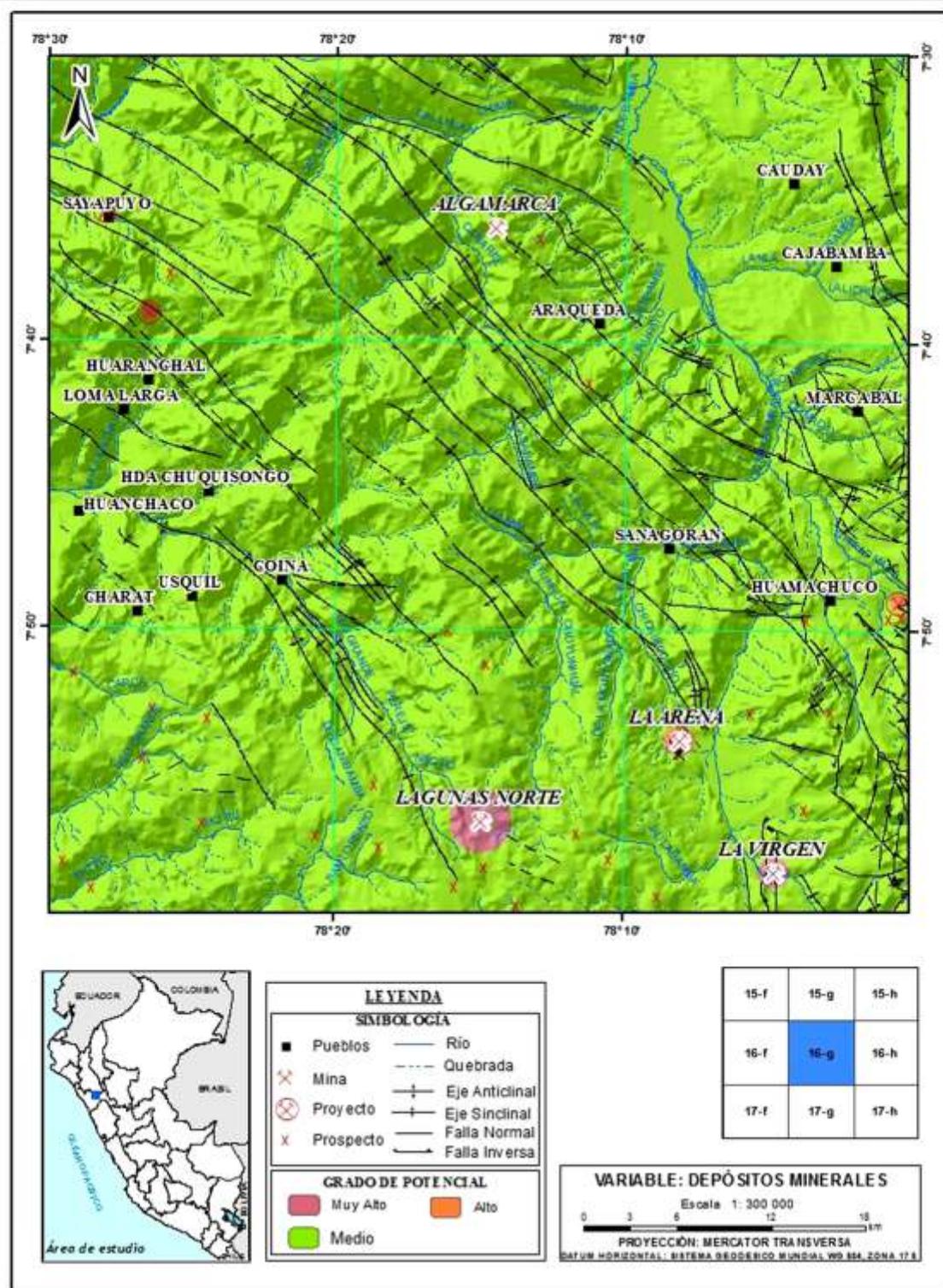
TIPO	DIMENSIÓN	METALES	VALOR EN ESCALA	VALOR	GRADO O NIVEL
OPERACIONES	GRANDE	METALES PRECIOSOS	1024	3.0	MUY ALTO
		METALES BASE	512	2.9	MUY ALTO
		HIERRO, OTROS	256	2.7	MUY ALTO
	MEDIANO	METALES PRECIOSOS	512	2.9	MUY ALTO
		METALES BASE	256	2.7	MUY ALTO
		HIERRO, OTROS	128	2.5	MUY ALTO
	PEQUEÑO	METALES PRECIOSOS	256	2.7	MUY ALTO
		METALES BASE	128	2.5	MUY ALTO
		HIERRO, OTROS	64	2.4	ALTO
PROYECTOS	GRANDE	METALES PRECIOSOS	128	2.5	MUY ALTO
		METALES BASE	64	2.4	ALTO
		HIERRO, OTROS	32	2.3	ALTO
	MEDIANO	METALES PRECIOSOS	64	2.4	ALTO
		METALES BASE	32	2.3	ALTO
		HIERRO, OTROS	16	2.2	ALTO
	PEQUEÑO	METALES PRECIOSOS	32	2.3	ALTO
		METALES BASE	16	2.2	ALTO
		HIERRO, OTROS	8	2.1	ALTO
PROSPECTOS	GRANDE	METALES PRECIOSOS	16	2.2	ALTO
		METALES BASE	8	2.1	ALTO
		HIERRO, OTROS	4	1.9	MEDIO
	MEDIANO	METALES PRECIOSOS	8	2.1	ALTO
		METALES BASE	4	1.9	MEDIO
		HIERRO, OTROS	2	1.8	MEDIO
	PEQUEÑO	METALES PRECIOSOS	4	1.9	MEDIO
		METALES BASE	2	1.8	MEDIO
		HIERRO, OTROS	1	1.7	MEDIO
OCURRENCIA/ ANOMALÍA			-	1.6	MEDIO
AUSENCIA EN EL ORÓGENO			-	1.5	MEDIO
AUSENCIA EN EL ORÓGENO			-	1.2	BAJO

Una vez determinado el grado o nivel para cada depósito mineral, el siguiente paso es representar el área de influencia (buffer) de cada uno. Esta área ha sido determinada en función al tamaño de cada depósito, según se anota en la tabla 3.15.

**Tabla 3.15** Área de influencia de los depósitos minerales

TIPO	DIMENSIÓN	BUFFER (Km)
OPERACIONES,	Grande	2
PROYECTOS Y	Mediano	1
PROSPECTOS	Pequeño	0.5
OCURRENCIA/ANOMALÍA	-	0.25

Figura 3.6 Mapa de la variable depósitos minerales metálicos, cuadrángulo 16-g



## VARIABLE: GEOQUÍMICA

Este submodelo tiene como objetivo elaborar un mapa del potencial prospectivo, en base al análisis y procesamiento geoespacial de resultados geoquímicos de sedimentos de quebrada a lo largo del Orógeno Peruano.

El mapa de potencial geoquímico es la representación temática de una superficie probabilística, la cual se realizará en base a las concentraciones geoquímicas de los principales elementos traza y sus *"pathfinder"*, presentes en los sedimentos de quebrada.

### Datos de Entrada (Input)

En la actualidad, los laboratorios comerciales ofrecen una gama de elementos químicos que pueden ser cuantificados mediante métodos analíticos multielementales como es el caso del ICP-MS, mientras que para el caso del oro, el método más difundido es por ensayo al fuego más absorción atómica (FA-AAS).

No obstante, para este tipo de proceso probabilístico, es conveniente desarrollar el submodelo en función a las concentraciones geoquímicas de los elementos traza *"commodities"* y sus principales *"pathfinders"*, los que en adelante denominaremos variables geoquímicas del submodelo (tabla 3.16).

La información a nivel país de las concentraciones geoquímicas en sedimentos de quebrada, es de libre disponibilidad en el portal web del INGEMMET (<http://www.ingemmet.gob.pe>), también puede ser descargada desde la interfaz del GEOCATMIN: (<http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>)

Dicha información corresponde a los resultados analíticos de muestras de sedimentos de quebrada recolectadas en los proyectos de prospección geoquímica que se llevan a cabo desde el año 2000 a la fecha.

Especialmente, las muestras de sedimento se circunscriben al Orógeno Andino, entre los paralelos 8° - 18° de latitud sur.

### Procesamiento Estadístico y Geoespacial de los datos de entrada (desarrollo del submodelo)

En todo procesamiento estadístico, se debe contar con información representativa de las variables a

Tabla 3.16 Variables geoquímicas

N°	ELEMENTO	SÍMBOLO	UNIDAD*
1	Oro	Au	ppb
2	Plata	Ag	ppm
3	Escandio	Sc	ppm
4	Uranio	U	ppm
5	Cobalto	Co	ppm
6	Molibdeno	Mo	ppm
7	Estáño	Sn	ppm
8	Níquel	Ni	ppm
9	Lantano	La	ppm
10	Vanadio	V	ppm
11	Antimonio	Sb	ppm
12	Cobre	Cu	ppm
13	Plomo	Pb	ppm
14	Zinc	Zn	ppm
15	Cadmio	Cd	ppm
16	Mercurio	Hg	ppm
17	Arsénico	As	ppm
18	Cromo	Cr	ppm
19	Tungsteno	W	ppm
20	Fierro	Fe	%

(\*) Unidad de concentración en sedimentos de quebrada

estudiar; en este caso, la información representativa está constituida por las muestras de sedimento de quebrada. Estas muestras han sido estratégicamente ubicadas en la red hidrográfica y recolectadas de manera sistemática (fig. 3.7).

Cada muestra de sedimento representa un polígono de influencia, el cual es delimitado según la dirección del curso fluvial y la topografía. Dicho polígono corresponde al área de aporte de los sedimentos fluviales.

Las muestras geoquímicas de sedimento de quebrada ofrecen información cuantitativa de las 20

variables geoquímicas definidas anteriormente. Para este caso se cita información del cuadrángulo de Cajabamba (16-g), (como se aprecia en la Tabla 3.17).

Con esta información, se procederá a determinar la valoración multielemental de cada punto de muestreo geoquímico, siguiendo la siguiente expresión:

$$\text{Valoración multielemental} = C1*V1+C2*V2+C3*V3+\dots+C20*V20$$

Donde:

Cn: Coeficiente.

Vn: Variable Geoquímica



Figura 3.7 Mapa de ubicación de muestras geoquímicas de sedimentos, cuadrángulo 16-g

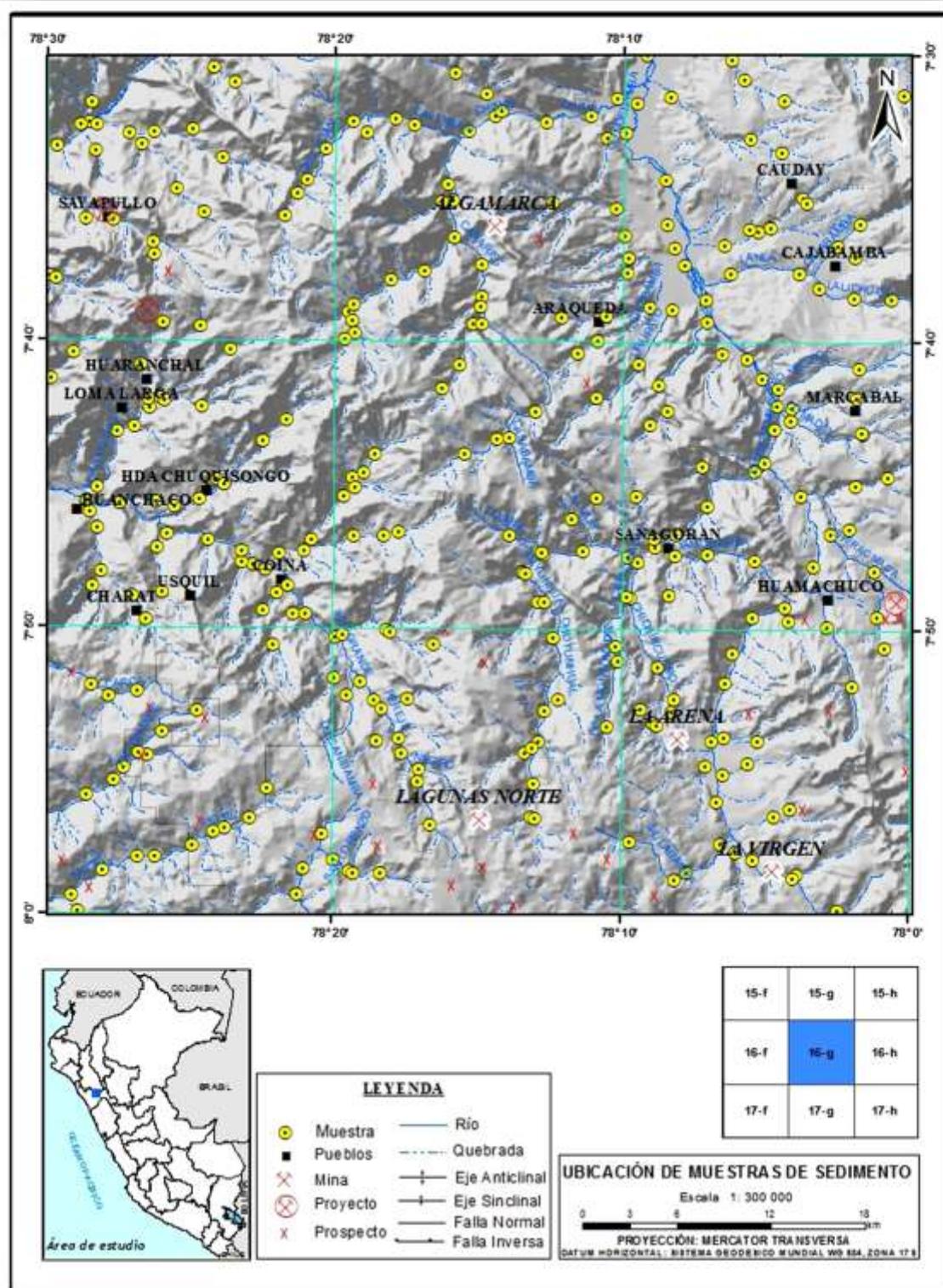


Tabla 3.17 Información Geoquímica

MUESTRA	Au_ppb	Ag_ppm	Sc_ppm	U_ppm	Co_ppm	Mo_ppm	Sn_ppm	Ni_ppm	La_ppm	V_ppm	Sb_ppm	Cu_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm	Cd_ppm	Hg_ppm	As_ppm	Cr_ppm	W_ppm	Fe_%
M-1	2.5	0.010	1.00	0.450	3.20	1.740	0.28	7.000	6.50	16.000	0.010	12.00	10.20	22.00	0.190	0.270	3.10	140.00	0.025	0.890
M-2	2.5	0.010	1.00	0.290	4.40	1.250	0.25	6.000	5.20	8.000	0.010	13.00	11.90	18.00	0.020	0.005	1.90	59.00	0.025	1.150
M-3	2.5	0.010	3.00	0.730	7.10	1.270	0.48	10.000	13.50	36.000	0.010	14.00	16.30	40.00	0.210	0.005	3.80	60.00	0.025	1.740
M-4	2.5	0.010	2.00	0.260	6.10	1.780	0.25	10.000	3.20	10.000	0.010	17.00	19.20	45.00	0.150	0.005	13.20	77.00	0.025	1.770
M-5	2.5	0.010	2.00	0.700	4.30	1.280	0.61	7.000	6.70	17.000	0.490	15.00	11.60	31.00	0.170	0.005	0.80	78.00	0.025	1.110
M-6	2.5	0.010	2.00	0.270	6.20	1.580	0.31	10.000	3.60	10.000	0.100	18.00	12.20	36.00	0.190	0.005	7.30	64.00	0.025	1.570
M-7	2.5	0.010	1.00	0.280	5.10	2.520	0.16	10.000	3.60	10.000	0.010	14.00	12.60	30.00	0.140	0.005	5.80	105.00	0.340	1.440
M-8	915.0	0.200	2.00	0.400	8.57	4.680	0.75	6.000	7.60	61.000	2.520	40.00	30.05	172.00	0.710	0.160	47.91	98.00	0.160	4.440
M-9	40.0	0.020	3.00	0.460	9.56	3.300	0.51	15.000	5.93	36.000	0.310	16.00	7.66	70.00	0.280	0.005	5.21	80.00	0.025	3.160
M-10	22.0	0.110	2.00	0.260	8.31	2.080	0.38	12.000	2.42	20.000	1.170	19.00	16.57	64.00	0.180	0.005	10.25	104.00	0.025	2.610
M-11	24.0	0.060	4.00	2.380	9.42	33.950	0.75	46.000	8.87	98.000	0.710	16.00	13.72	342.00	4.130	0.005	8.56	79.00	0.025	3.400
M-12	26.0	0.010	2.00	0.330	15.89	1.660	0.21	20.000	1.22	10.000	0.100	25.00	6.23	17.00	0.050	0.005	1.41	90.00	0.025	2.180
M-13	30.0	0.010	2.00	0.360	9.45	3.580	0.34	13.000	4.57	25.000	0.280	15.00	6.82	53.00	0.230	0.005	4.01	103.00	0.025	2.740
M-14	27.0	0.010	3.00	0.500	9.30	1.610	0.48	10.000	8.20	43.000	0.390	18.00	8.45	79.00	0.260	0.005	8.60	57.00	0.025	3.400
M-15	22.0	0.010	4.00	0.600	13.33	6.930	0.76	22.000	6.69	36.000	0.470	19.00	11.41	105.00	0.830	0.030	10.28	102.00	0.025	3.810
M-16	41.0	0.350	3.00	0.430	10.96	1.680	0.53	9.000	7.15	64.000	0.780	20.00	8.75	108.00	0.340	0.170	9.86	31.00	0.025	4.680
M-17	18.0	1.390	3.00	0.270	12.41	2.290	0.61	22.000	2.40	19.000	0.880	47.00	13.37	61.00	0.220	0.130	19.45	130.00	0.025	2.910
M-18	71.0	0.010	2.00	0.440	7.69	2.260	0.65	5.000	9.12	66.000	0.980	15.00	7.32	105.00	0.280	0.005	10.09	63.00	0.025	3.470
M-19	26.0	0.090	2.00	0.210	9.07	4.870	0.42	16.000	1.41	5.000	0.180	19.00	8.15	44.00	0.150	0.790	1.23	159.00	0.025	2.050
M-20	29.0	0.010	1.00	0.070	2.93	2.460	0.18	12.000	0.68	5.000	0.290	5.00	3.00	16.00	0.040	0.060	0.02	147.00	0.025	0.790

Los coeficientes empleados para cada variable geoquímica han sido determinados en base a una categorización estandarizada del precio actual de cada elemento químico (variable

geoquímica), según el último sumario de minerales “*commodities*” publicado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), como se aprecia en la tabla 3.18.

**Tabla 3.18** Coeficientes para la valoración multielemental

ID	ELEMENTO	SÍMBOLO	UNIDAD	COEFICIENTE
1	Oro	Au	ppb	0.05997
2	Plata	Ag	ppm	0.96452
3	Escandio	Sc	ppm	0.90000
4	Uranio	U	ppm	0.10243
5	Cobalto	Co	ppm	0.03086
6	Molibdeno	Mo	ppm	0.02920
7	Estaño	Sn	ppm	0.02800
8	Níquel	Ni	ppm	0.01760
9	Lantano	La	ppm	0.01500
10	Vanadio	V	ppm	0.01437
11	Antimonio	Sb	ppm	0.01327
12	Cobre	Cu	ppm	0.00816
13	Plomo	Pb	ppm	0.00251
14	Zinc	Zn	ppm	0.00205
15	Cadmio	Cd	ppm	0.00198
16	Mercurio	Hg	ppm	0.00185
17	Arsénico	As	ppm	0.00170
18	Cromo	Cr	ppm	0.00044
19	Tungsteno	W	ppm	0.00036
20	Fierro	Fe	%	1.01000

El desarrollo de la fórmula enunciada otorgará una valoración multielemental en cada punto del muestreo. Luego de realizar la valoración multielemental de cada punto del muestreo, dichos valores deben transformarse de acuerdo a la escala de la matriz de valoración, de 1.0 a 3.0 (tablas 3.19 y 3.20).

Es necesario mencionar que para el caso de la variable geoquímica el mínimo valor (1.2) del grado “bajo” solo se aplica para áreas que pertenezcan al

Llano Amazónico, por lo que en la tabla 3.19, la valoración tendrá como mínima puntuación 1.5, por tratarse de información del cuadrángulo de Cajabamba (16-g), el cual pertenece al Orógeno Andino.

La transformación o recategorización de los datos se realiza con el fin de procesar posteriormente esta información con la de los demás submodelos, en una escala categórica uniforme.

Tabla 3.19 Valoraciones

MUESTRA	VALORACIÓN MULTIELEMENTAL	VALOR
M-1	9.642	2.5
M-2	8.072	2.3
M-3	9.096	2.5
M-4	9.190	2.5
M-5	9.170	2.5
M-6	7.309	2.2
M-7	5.192	1.8
M-8	3.979	1.6
M-9	4.230	1.6
M-10	4.283	1.6
M-11	5.216	1.8
M-12	3.706	1.5
M-13	4.006	1.6
M-14	5.819	1.9
M-15	13.925	2.7
M-16	10.182	2.6
M-17	15.618	2.7
M-18	3.548	1.5
M-19	8.455	2.4
M-20	9.682	2.5

### Información Generada (output)

Finalmente, se procede a generar una superficie probabilística (mapa de potencial geoquímico) a partir de los valores puntuales en cada muestra

Tabla 3.20 Matriz de valoración

GRADO O NIVEL	VALOR DE CADA NIVEL
MUY ALTO	De 2.5 a 3.0
ALTO	De 2.0 a 2.4
MEDIO	De 1.5 a 1.9
BAJO	1.2; 1.4

geoquímica. Esta superficie probabilística se realizará mediante un método de interpolación que garantice el menor sesgo estadístico.

El método de interpolación indicado es el *Kriging*, o en todo caso algún otro que contemple algoritmos polinomiales, el cual permita realizar inferencias probabilísticas a partir de información representativa disponible.

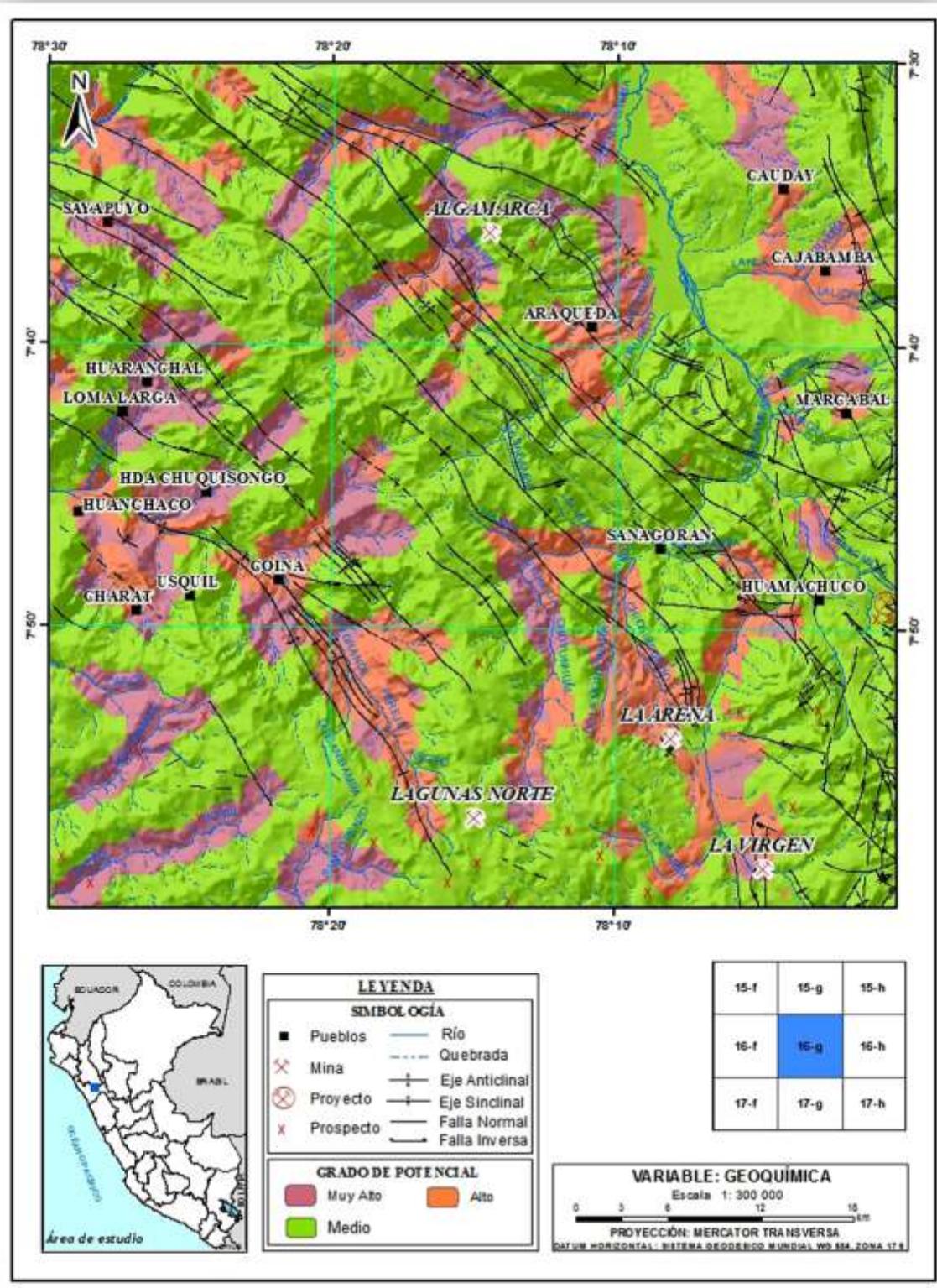
Este procedimiento se soporta en la naturaleza de la información puntual de cada muestra geoquímica, la cual representa la dispersión geoquímica secundaria de los elementos químicos en una determinada área de influencia.

Dicho esto, es necesario recomendar que la interpolación deba tener un alcance de 1.5 km, que es la distancia mínima de dispersión de las variables geoquímicas consideradas en el submodelo.

Asimismo, es necesario considerar que la celda o píxel de procesamiento deba tener un área de 900 m<sup>2</sup> (30m x 30m), según el criterio de la mínima unidad interviniente en el proceso de modelado de potencial minero, además de la escala de la superficie probabilística.

El producto final del submodelo de potencial geoquímico, será una superficie en formato raster con píxeles de 30 x 30m (fig. 3.8).

Figura 3.8 Mapa de la variable geoquímica, cuadrángulo 16-g



**VARIABLE: SENSORES REMOTOS**

Para evaluar la variable de sensores remotos, se procede a descargar la imagen LANDSAT (<http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>), para la determinación de anomalías de color como zonas de posible alteración.

La composición del mapa final tiene la clasificación en Arcillas (OH), Óxidos ( $\text{Fe}^{3+}$ ), Óxidos + Arcillas ( $\text{Fe}^{3+} + \text{OH}$ ). (Figura 3.9).

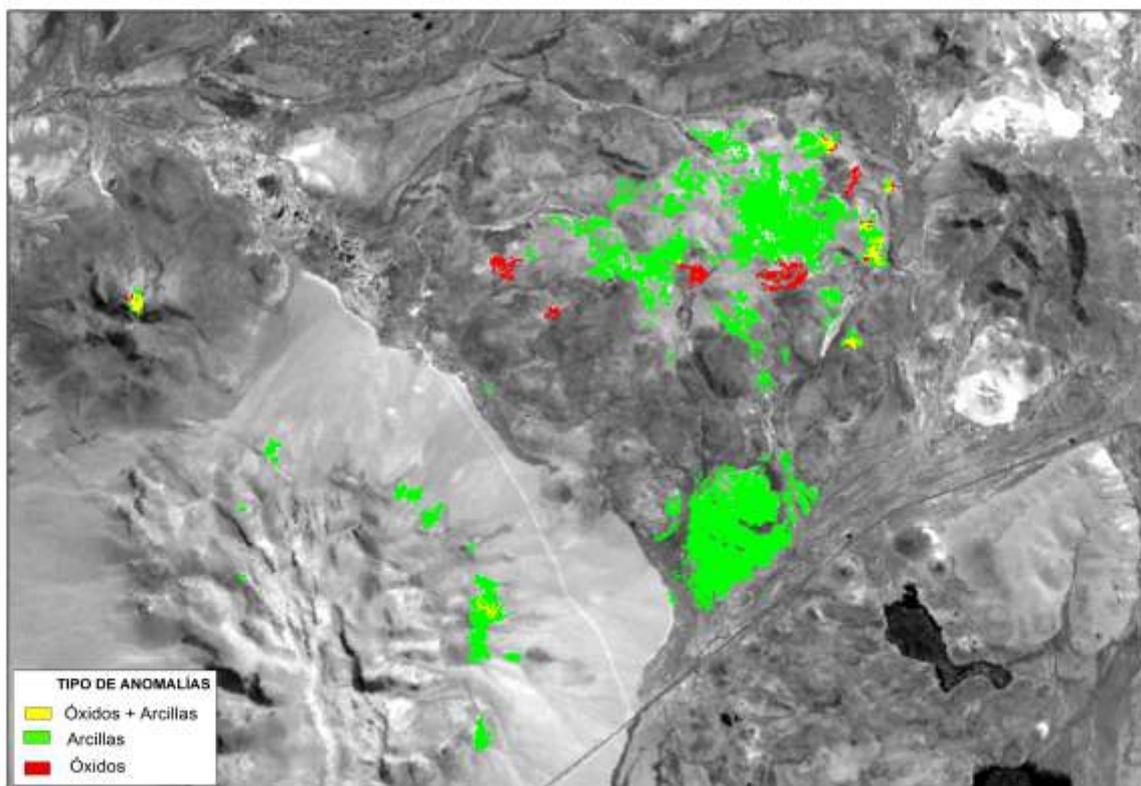
A cada tipo de anomalía, de acuerdo al orden de importancia, se le ha asignado un nivel; se ha valorado a cada una de estas con el promedio del

nivel correspondiente, según se aprecia en el tabla 3.21.

La capa generada se procede a convertir a formato "RASTER".

Aplicando esta escala y con los colores estandarizados, obtendremos el mapa correspondiente a esta variable (Figura 3.10). La ausencia de anomalías de color, según los cocientes utilizados, ameritará que las áreas pertenecientes al Llano Amazónico tengan una valoración de 1.2. Mientras que para el caso de áreas con ausencia de anomalías de color, que pertenezcan al orógeno obtendrán el valor de 1.5 (al que corresponde una coloración amarilla) (Figura 3.10).

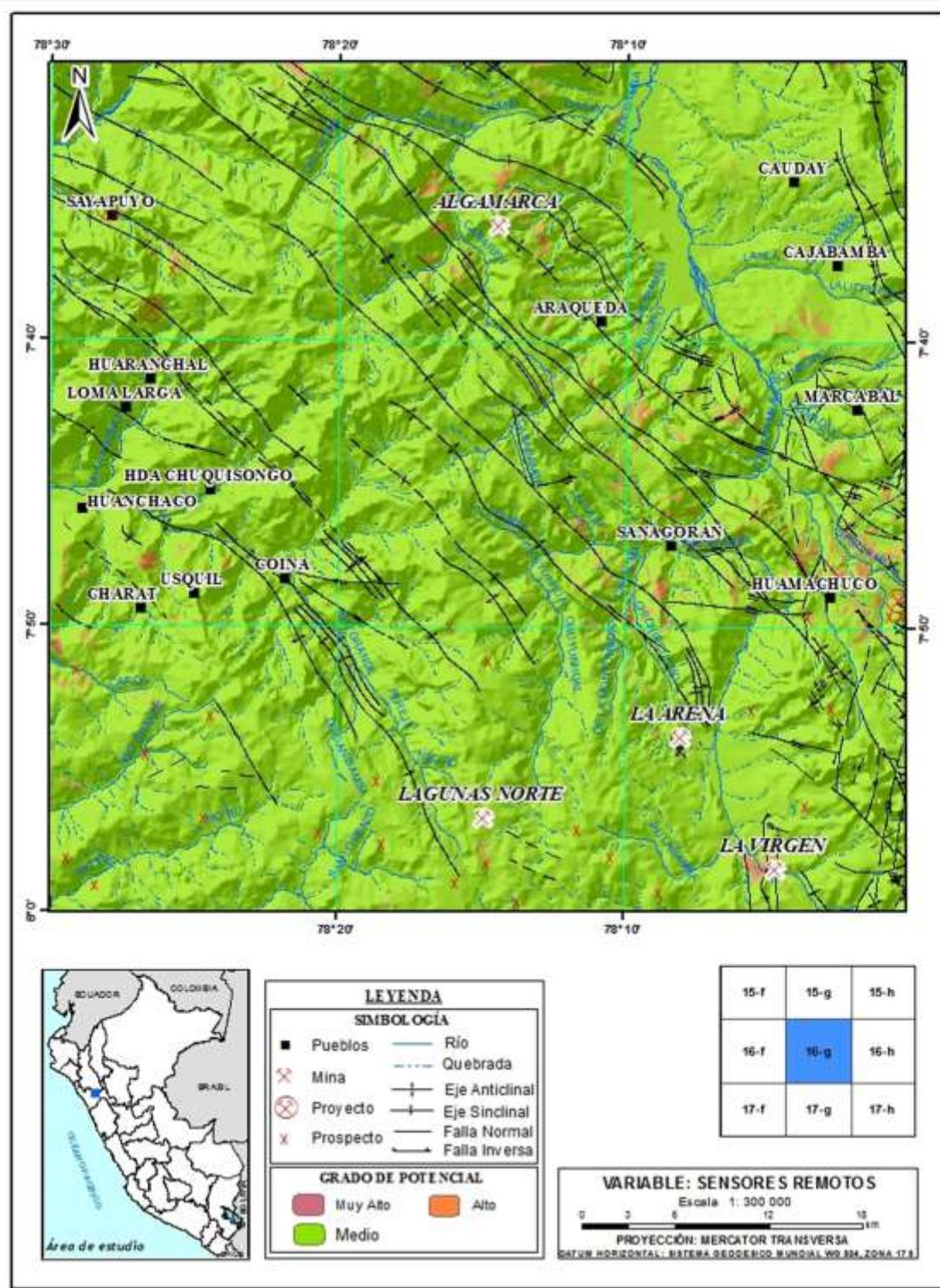
**Figura 3.9** Anomalías de color en imagen LANDSAT



**Tabla 3.21** Valoración de anomalías de color

ANOMALÍAS DE COLOR	VALOR DE CADA NIVEL	NIVEL
Óxidos + Arcillas	2.8	Muy Alto
Óxidos	2.2	Alto
Arcillas	1.9	Medio
Ausencia de anomalías en el orógeno	1.5	Medio
Ausencia de anomalías en el Llano Amazónico	1.2	Bajo

Figura 3.10 Mapa de la variable sensores remotos, cuadrángulo 16-g



## GENERACIÓN DEL MAPA DE POTENCIAL MINERO METÁLICO

Para realizar el mapa del potencial minero metálico, se procede a ponderar las variables anteriormente descritas en el modelo, en cada uno de los mapas, en formato "raster".

$$(Variable1*Peso1) + (Variable2*Peso2) + (Variable3*Peso3) + (Variable4*Peso4) + (Variable5*Peso5) + (Variable6*Peso6)$$

Los pesos se exponen en la tabla 3.2: "Ponderación de variables o atributos". Cada una de ellas será multiplicada por el peso definido en el proceso analítico jerárquico (tabla 3.2). Luego de que cada mapa es ponderado, estos "rasters" se sumarán, obteniéndose de esta manera una nueva capa "raster", la cual corresponde al mapa de potencial minero metálico.

En la figura 3.11, se muestra el mapa de potencial minero metálico del cuadrángulo de Cajabamba (16-g), luego de realizar la ponderación y suma algebraica de los "rasters" anteriormente descritos.

Procesamiento en Arcgis de las variables para la obtención del mapa del potencial minero metálico de la Hoja 16g – Cajabamba

Obtenidos los "rasters" de cada una de las variables y los pesos respectivos, se empezará el procesamiento de los mismos considerando la siguiente fórmula:

$$\text{Potencial Minero} = (V1*P1) + (V2*P2) + (V3*P3) + (V4*P4) + (V5*P5) + (V6*P6)$$

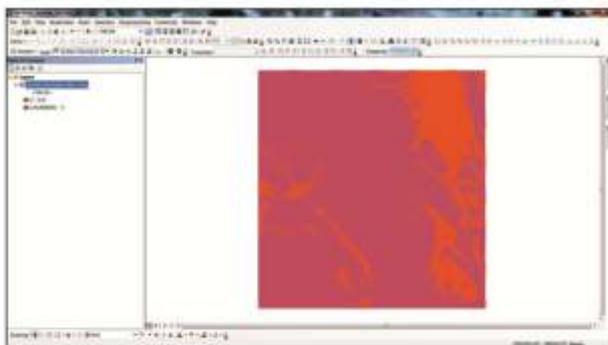
V(n) = Variables

P(n) = Pesos

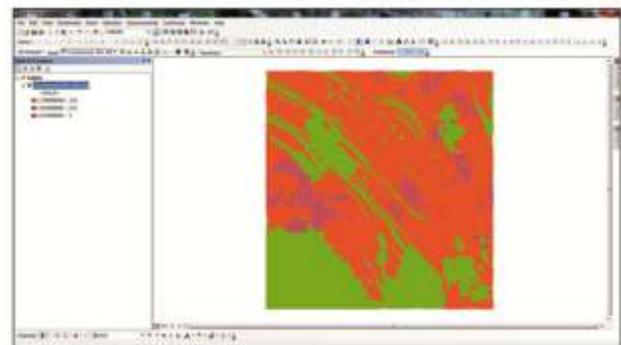
Metodología:

- 1.- Abrir el programa ArcGis.
- 2.- Importar los "rasters" de cada variable:
  - Variable 1 = Unidad geológica.
  - Variable 2 = Concesiones mineras.
  - Variable 3 = Fallas.
  - Variable 4 = Depósitos minerales metálicos.
  - Variable 5 = Geoquímica.
  - Variable 6 = Sensores remotos.

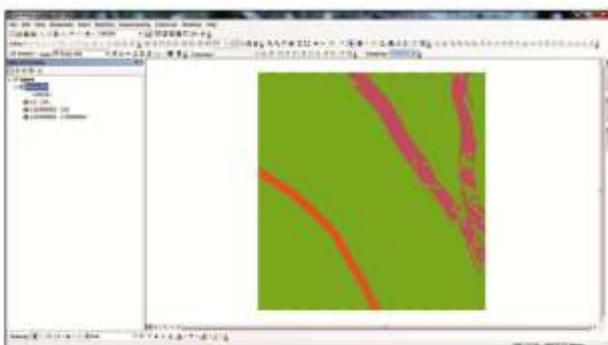
### "RASTER" DE CADA VARIABLE



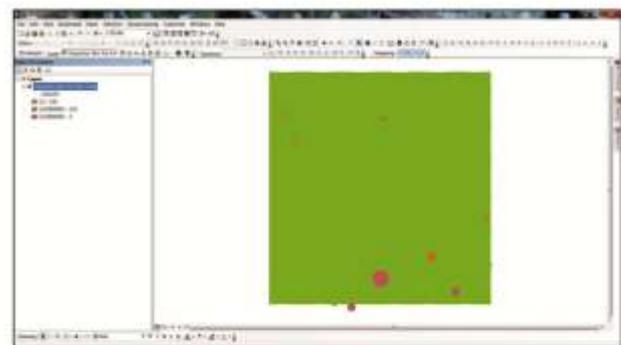
Variable 1 = Unidad Geológica.



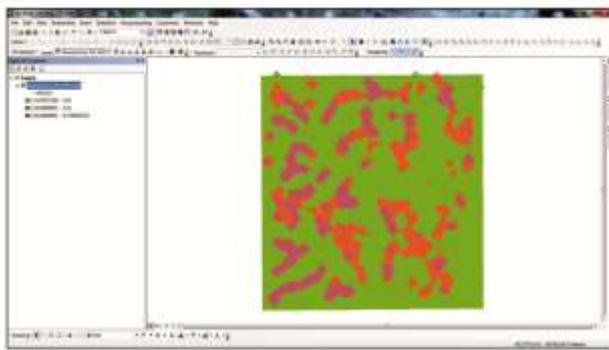
Variable 2 = Concesiones Mineras.



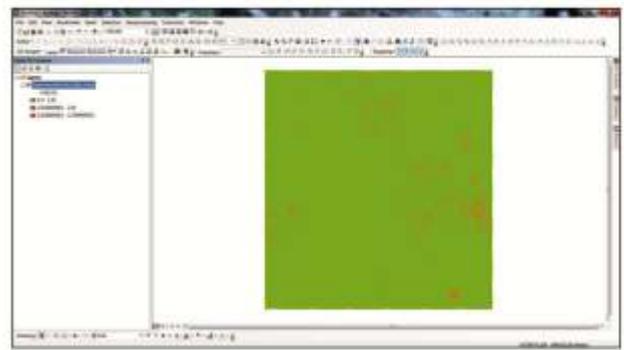
Variable 3 = Fallas.



Variable 4 = Depósitos Minerales Metálicos.

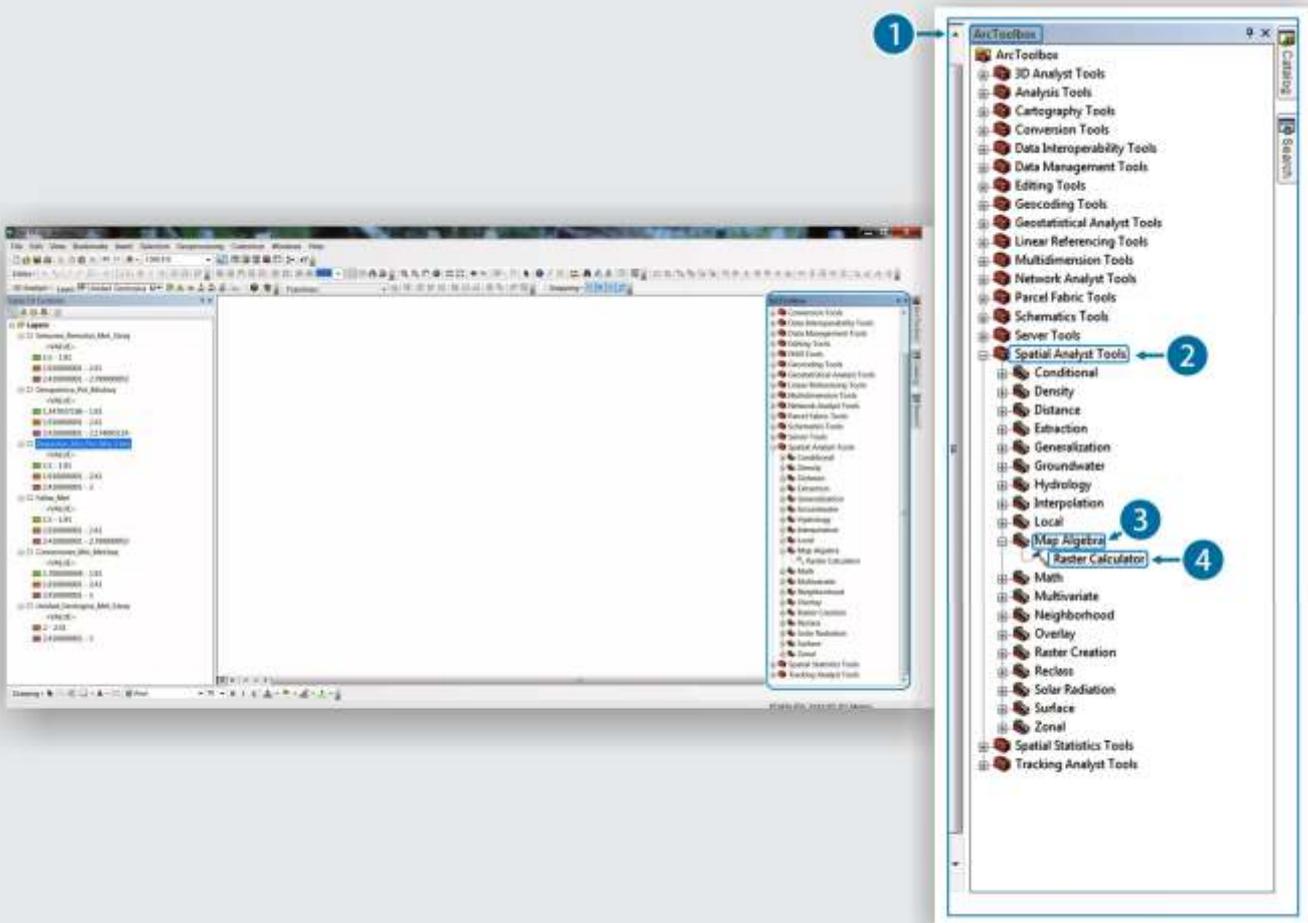
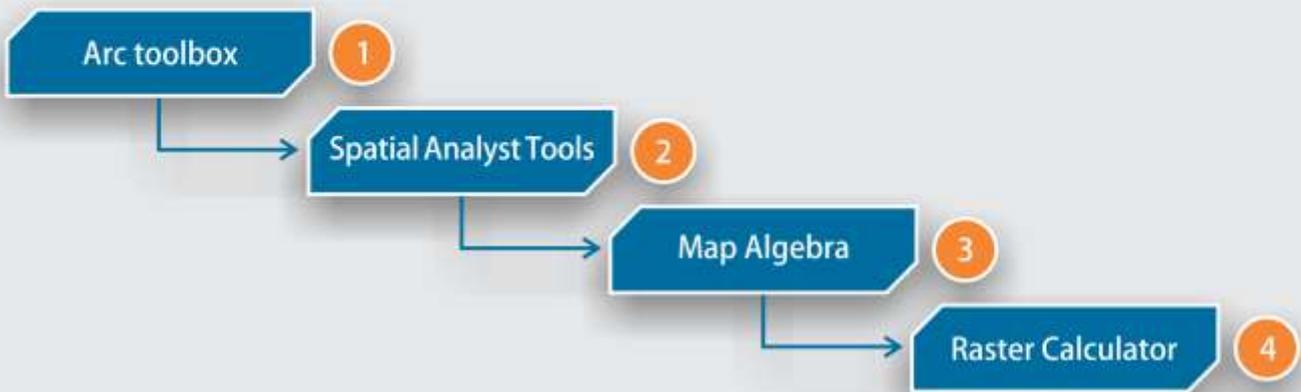


Variable 5 = Geoquímica.



Variable 6 = Sensores Remotos.

1.- Importados los "rasters" de cada variable, se abre la herramienta "Arc toolbox" y se realiza la siguiente secuencia:

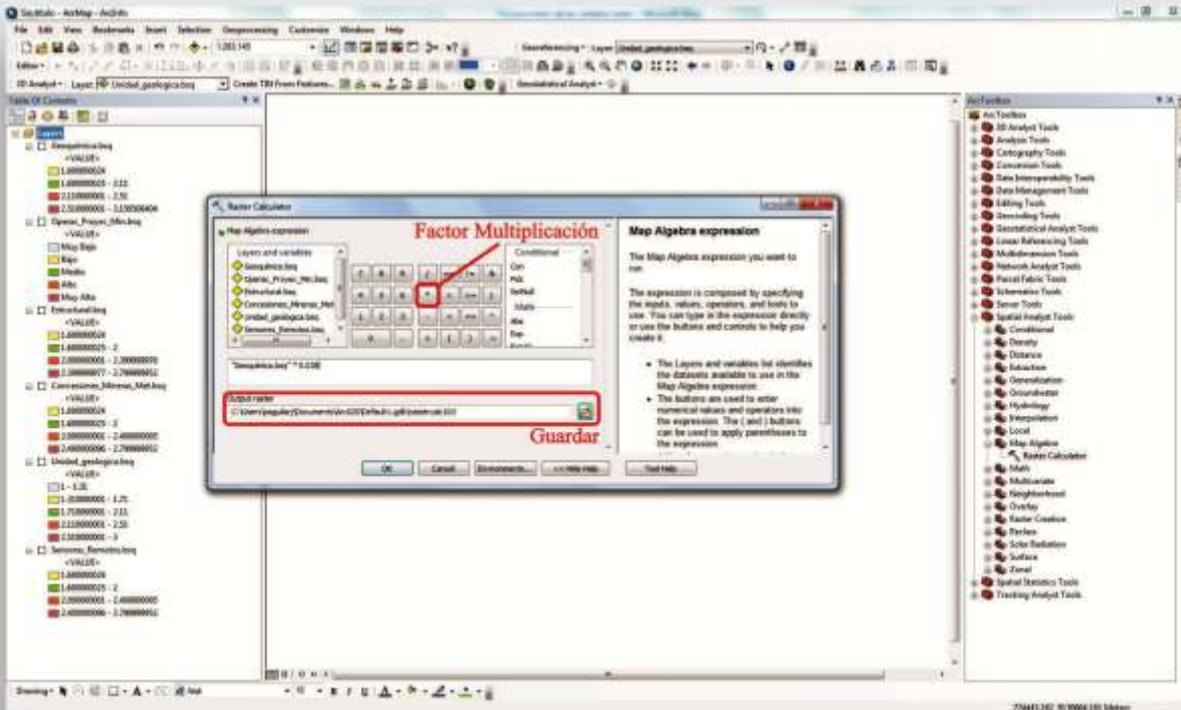


2.- Se multiplica cada "raster" por su respectivo peso, obteniendo un nuevo "raster" para cada variable.

(Variable 1)\*(0.481)  
 (Variable 2)\*(0.239)  
 (Variable 3)\*(0.145)

(Variable 4)\*(0.069)  
 (Variable 5)\*(0.038)  
 (Variable 6)\*(0.027)

Luego se guardan los nuevos "rasters" obtenidos.



3.- Los nuevos "rasters" se suman de acuerdo a la ecuación para el cálculo del potencial minero; para ello debemos utilizar el operador de suma.

Luego se guarda el "raster" obtenido, el cual constituye el mapa de potencial minero metálico.

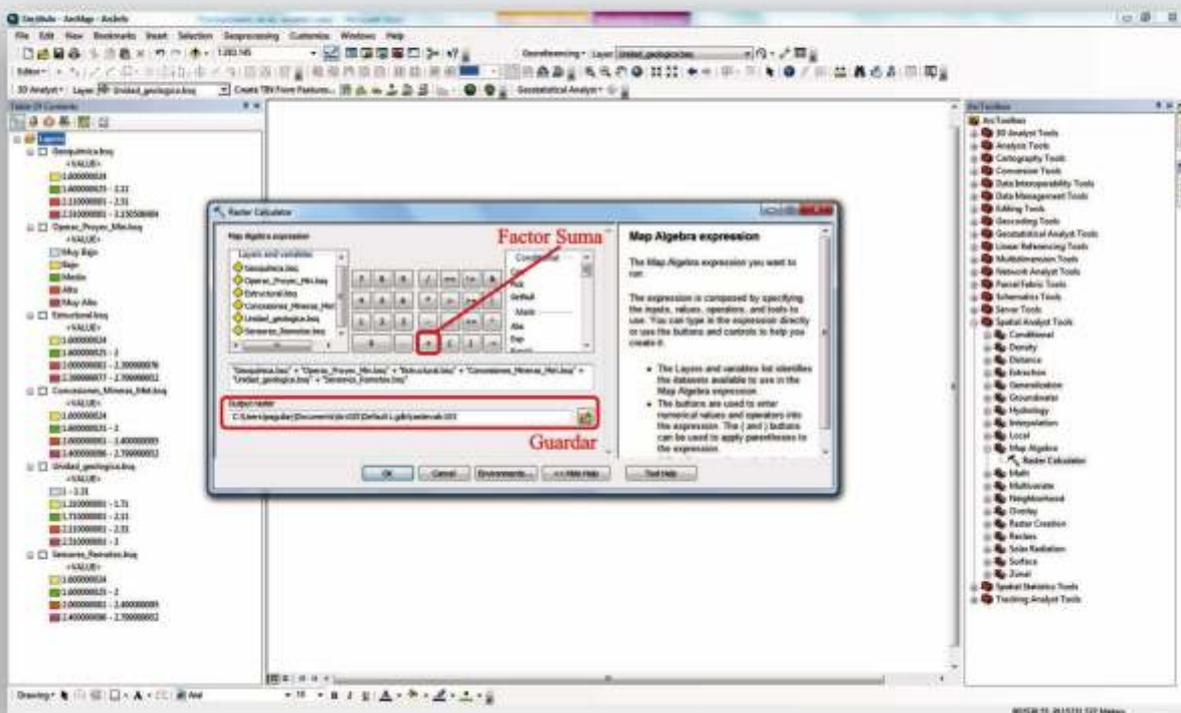
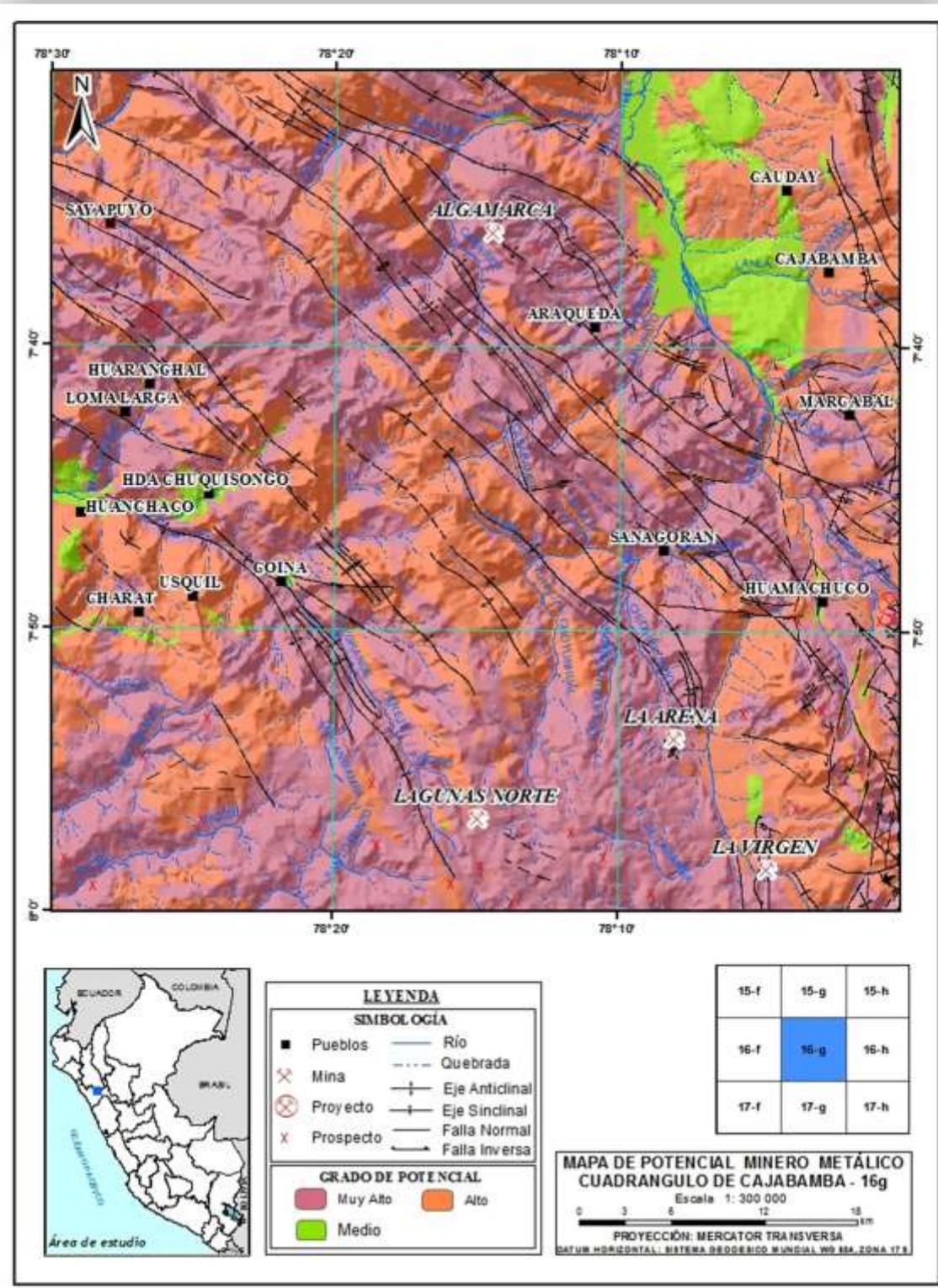


Figura 3.11 Mapa del potencial minero metálico, cuadrángulo 16-g



### 3.3 Determinación del Potencial Minero No Metálico (RMI)

Los principales criterios para estimar o evaluar el potencial de las RMI o minerales no metálicos son las condiciones geológicas, los aspectos macroeconómicos, industriales y tecnológicos (favorables). En este docu-

mento se presenta y explica un modelo apropiado para estimar el potencial geológico de las RMI para la asignación de prioridades.

En la siguiente tabla se presenta las principales variables y criterios considerados que se desarrollarán a continuación:

**Tabla 3.22** Variables y criterios para determinar el potencial minero de RMI por regiones

VARIABLES	CRITERIOS	
SUSTANCIA	Volumen de producción	Grande
		Mediana
		Pequeña
	Precios referenciales	Locales, nacionales e internacionales
	Usos	Subsector construcción
Subsector minero		
Subsector agroindustrial		
Subsector químico		
CONCESIONES MINERAS	Titulado	
LITOLOGÍA	Tipo de roca con condiciones para albergar mineralización	
ACCESOS	Tipo de acceso	Asfaltada nacional
		Asfaltada local
		Afirmada
		Trocha
		Sin vía
SENSORES REMOTOS	Anomalías espectrales	

#### 3.3.1 Evaluación ponderada de variables-potencial no metálico

De acuerdo al proceso analítico- jerárquico aplicado a las cinco variables consideradas, se elaboró una

matriz de comparaciones pareadas, dando lugar a la tabla 3.23. En ella, se aprecia las sumas ponderadas para cada variable, con lo que se obtiene el peso que tiene cada atributo considerado (tabla 3.24).

**Tabla 3.23** Vector de la suma ponderada

ATRIBUTO	SUSTANCIA	CONCESIONES MINERAS	LITOLOGÍA	ACCESOS	SENSORES REMOTOS
Litología	0.487	0.798	0.772	0.420	0.290
Sustancia	0.162	0.266	0.463	0.360	0.258
Concesiones Mineras	0.097	0.089	0.154	0.300	0.194
Sensores Remotos	0.070	0.044	0.031	0.060	0.097
Accesos	0.054	0.033	0.026	0.020	0.032

**Tabla 3.24** Matriz de variables o atributos

ATRIBUTO	PESO
Litología	0.49
Sustancia	0.27
Concesiones Mineras	0.15
Sensores Remotos	0.06
Accesos	0.03

Como se aprecia, los tres primeros atributos o variables explican el 91% de la valoración.

**VARIABLE: LITOLOGÍA**

La variable litología es la representación de los diferentes tipos de rocas (ígneas, sedimentaria y metamórfica) que afloran en la superficie del territorio nacional.

Para la valorización de la litología, se han considerado las unidades geológicas consideradas en la Carta Geológica Nacional, así como las canteras, ocurrencias de rocas y minerales industriales comprendidas en estas. La tabla 3.25 resume las valoraciones de la

litología versus unidades geológicas. Para las unidades que no estén comprendidas en la tabla 3.25, se asignará el valor de 1.0, esto es, potencial bajo (Figura 3.12). Así por ejemplo para el cuadrángulo 16-g, el desarrollo de la variable litología quedaría representada en la figura 3.12.

Las unidades geológicas (escala 1:100 000) comprendidas en las unidades geológicas regionales pueden ser consultadas en el GEOCATMIN: <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>.

**Figura 3.12** Mapa de valoración litológica (cuadrángulo 16-g)

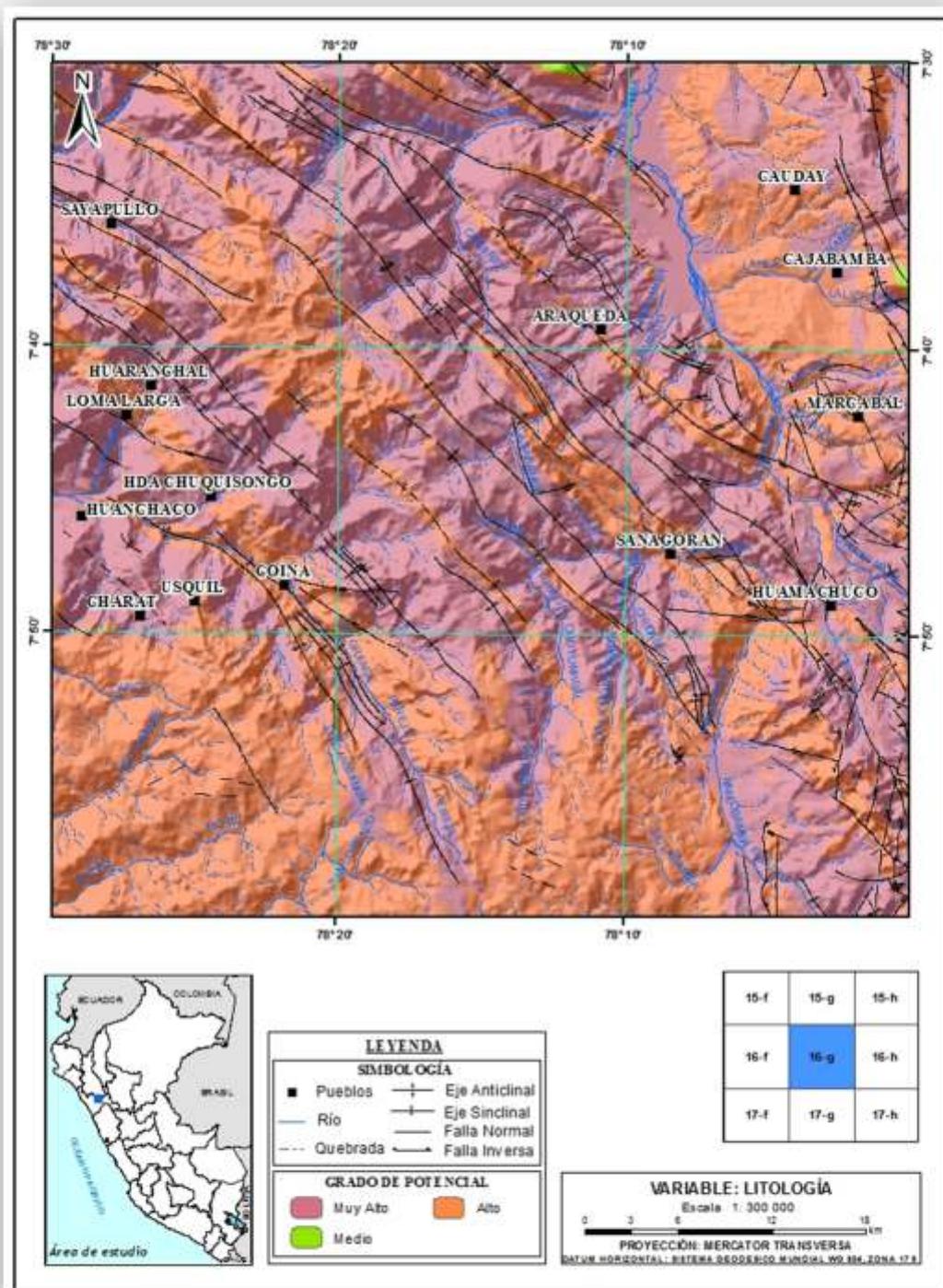


Tabla 3.25 Valbración por Unidades Litológicas

UNIDADES GEOLÓGICAS REGIONALES	ROCAS ÍGNEAS			ROCAS SEDIMENTARIAS								ROCAS METAMÓRFICAS				
	GRANITO	ANDESITA	VOLCÁNICA	ARENISCA	LUTITA	CALIZA	DIATOMITA	TRAVERTINO	GRAVAS	ROCA FOSFÓRICA	ROCA EVAPORITA	MARMOL	PIZARRA	GNEIS	SERPENTINA	
CUATERNARIO HOLOCENO-CONTINENTAL			1.85	2.8	2.13	2.5	2	2.3	2.65	2.58	1.7					
CRETÁCEO INFERIOR SUPERIOR MARINO				2.25	2.18	3		2.1	2.05	2.53	2.4	2.2				
CRETÁCEO INFERIOR MARINO CONTINENTAL				2.5	2.43	1.9	2.75	2.05		2.28	2.05	2				
TRIÁSICO SUPERIOR JURÁSICO INFERIOR MARINO					1.98	2.05	2.7	2.2	1.8	2.45	2.38	2.15				
CUATERNARIO PLEISTOCENO CONTINENTAL			1.7	2.6	1.98	2.3	1.7	2	2.15	2.03	1.5					
CRETÁCEO SUPERIOR INFERIOR VOLCÁNICO-SEDIMENTARIO	1.63	2.53	1.45		1.73	1.8	2.45		2	1.98	1.95	1.6				
GNEIS PRECAMBRIANO									1.75				2.2			
JURÁSICO SUPERIOR-CRETÁCEO INFERIOR MARINO-CONTINENTAL					2.23		2.35	1.7	1.75		1.5	1.8				
PÉRMICO SUPERIOR CONTINENTAL					1.53					2.33				1.3		
PALEÓGENO NEÓGENO VOLCÁNICO SEDIMENTARIO			1.83	1.45	1.63	1.45	2.05	1.5	1.9	2.03						
PALEÓGENO EOCENO MARINO				2.1		2.35			1.95	1.88						
NEÓGENO MIOCENO VOLCÁNICO-SEDIMENTARIO			1.83	1.9	1.63	2.1	2.2	1.95	1.9	1.68						
JURÁSICO SUPERIOR MARINO				1.95		2.55				1.93	1.65					
NEÓGENO MIOCENO PLEOCENO MARINO					1.53	2.05	1.95			2.4	2.03					
CRETÁCEO SUPERIOR-PALEÓGENO CONTINENTAL			1.63	1.45	2.2	1.45	2.05	1.95	1.95	2.13	1.7					
NEÓGENO CUATERNARIO-VOLCÁNICO			1.7		2.03		1.3		1.9							
PRECÁMBRICO											2.05			2		



PALEOGENO-PALEOCENO CONTINENTAL	1.45	2.05	1.58						1.73		
JURÁSICO SUPERIOR-CRETÁCEO INFERIOR VOLCÁNICO-SEDIMENTARIO	1.63	2.05						1.75			
SUPERUNIDAD LINGA	2.03							1.75			
CRETÁCEO SUPERIOR MARINO									1.83	1.65	
SUPERUNIDAD PACCHO								2			
SUPERUNIDAD PATAP	2.08										
JURÁSICO MEDIO VOLCÁNICO-SEDIMENTARIO		1.9		2.2							
NEÓGENO PLOCIENO-VOLCÁNICO SEDIMENTARIO		1.7			1.3						
SUPERUNIDAD TIABAYA	1.98										
STOCKS DE LA REGIÓN ANDINA	1.83										
PLUTÓN PUSCAO	1.83										
SUPERUNIDAD ILO	1.83										
PLUTONES GRANÍTTICOS Y GRANODIORÍTICOS	1.78										
TONALITAS Y GRANODIORITAS PALEÓGENAS	1.78										
SUPERUNIDAD PAMPAHUASI	1.78										
PALEOZOICO-TONALITA-GRANODIORITA	1.63										
JURÁSICO INFERIOR DHORITA-GARRO	1.63					1.65					

## SUSTANCIA

La valorización de las sustancias se ha realizado considerando tres sub-variables importantes: producción, precios y usos.

### Producción

Se ha considerado el volumen de la producción de los 12 principales minerales industriales del país, los que son explotados por empresas grandes, medianas, pequeñas y artesanales. Para ello, se ha considerado asignar un puntaje que varía del 1 al 12, correspondiendo el mayor puntaje al de mayor volumen de producción (tabla 3.26). Los datos de volumen de producción fueron tomados del Ministerio de la Producción.

### Precios

El precio o valor económico de las RMI está determinado por sus características físicas, químicas y por las especificaciones técnicas requeridas para un uso específico. Las especificaciones técnicas varían de acuerdo al uso del material, por ejemplo las calizas usadas en la fabricación de cemento y en la elaboración de farmacéuticos como antiácidos, pastas dentales o como suplemento alimenticio para animales; cada uno tendrá diferentes especificaciones técnicas y un valor acorde a sus especificaciones y aplicación.

También el precio de las RMI está relacionado con la oferta y la demanda; los medios de transporte inciden directamente en la determinación del precio, especialmente aquellas RMI de bajo valor, tales como la arena, gravas y ripio, los cuales tienen un bajo valor unitario y son producidos para los mercados locales.

Se ha considerado asignar un puntaje que varía del 1 al 12, correspondiendo el de mayor puntaje al de mayor costo (tabla 3.27). La información referente a los precios de las 12 principales RMI fueron tomados de la revista internacional *Industrial Minerals*.

Por tanto, para este caso, se ha establecido un puntaje del 1 al 12 en forma descendente (tabla 3.27).

**Tabla 3.26** Producción de Rocas y minerales industriales (volumen en TM)

ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES	VOLUMEN	PUNTAJE
Áridos	19,452,163	12
Arcilla	15,914,226	11
Carbonatos	12,204,636	10
Fosfatos	8,889,295	9
Sal	2,257,794	8
Puzolana	1,038,270	7
Sílice	543,960	6
Yeso	516,548	5
Rocas Ornamentales	302,523	4
Boratos	292,855	3
Bentonita	66,509	2
Diatomita	43,507	1

**Tabla 3.27** Precios referenciales de RMI

ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES	PRECIO EN NUEVOS SOLES	PUNTAJE
Boratos	1550	12
Fosfatos	200	11
Carbonatos	170	10
Rocas Ornamentales	166	9
Yeso	125	8
Bentonita	95	7
Arcilla	65	6
Sílice	65	5
Diatomita	60	4
Sal	55	3
Puzolana	45	2
Áridos	39	1

## Usos

Los usos y aplicaciones de las RMI son amplios, variados y están en constantes cambios en el mundo, de ahí que se ha considerado a los principales subsectores económicos que requieren de estas

sustancias, teniendo en cuenta la incidencia del uso en la actualidad.

Se ha previsto asignar un puntaje que varía del 1 al 5, correspondiendo el mayor puntaje al de mayor incidencia de usos (tabla 3.28).

**Tabla 3.28** Valoración Ponderada según el uso

USOS							
ROCAS Y MINERALES	SUBSECTOR CONSTRUCCIÓN (I)	SUBSECTOR MINERO ENERGÉTICO (II)	SUBSECTOR AGROINDUSTRIAL (III)	SUBSECTOR QUÍMICO (IV)	SUBSECTOR MEDIO AMBIENTE (V)	SUMA	PUNTAJE
Carbonatos	5	4	3	4	4	20	12
Arcilla	4	3	2	3	3	15	11
Sal	1	2	3	4	4	12	10
Fosfatos	1	1	5	3	3	11	9
Áridos	5	3	1	1	1	11	8
Boratos	2	1	3	4	4	11	7
Yeso	3	2	2	3	3	11	6
Silice	2	4	1	1	1	9	5
Bentonita	1	4	1	2	2	9	4
Puzolana	3	1	2	1	1	8	3
Diatomita	2	1	1	3	3	8	2
Rocas Ornamentales	3	1	1	1	1	7	1

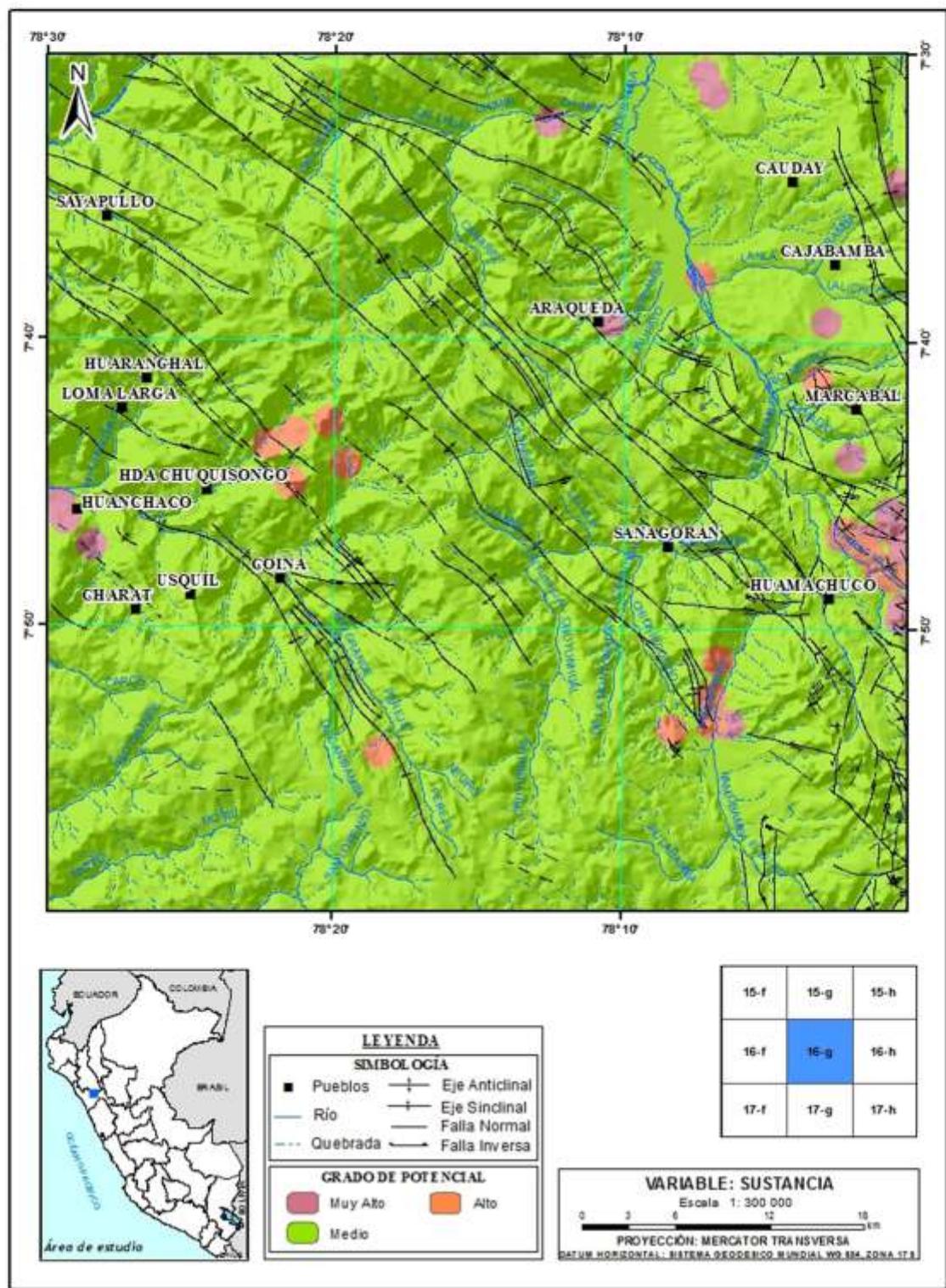
Luego se ponderan los resultados de las tres subvariables, presentadas en la tabla 3.29 y figura

3.13; en ellas se muestra la valorización total de la variable sustancia en 3 niveles de valor.

**Tabla 3.29** Valoración de sustancias

ROCAS Y MINERALES	PRODUCCIÓN	PRECIO	USOS	GENERAL	RANKING	GRADO O NIVEL	VALOR DE CADA NIVEL
Carbonatos	10	10	12	32	1	Muy Alto	3.0
Fosfatos	9	11	9	29	2		2.9
Arcilla	11	6	11	28	3		2.9
Boratos	3	12	7	22	4		2.7
Áridos	12	1	8	21	5		2.7
Sal	8	3	10	21	6		2.7
Yeso	5	8	6	19	7		2.5
Silice	6	5	5	16	8	Alto	2.4
Rocas Ornamentales	4	9	1	14	9		2.3
Bentonita	2	7	4	13	10		2.3
Puzolana	7	2	3	12	11		2.2
Diatomita	1	4	2	7	12		2.1
Otros				<7	13		2.0
Áreas no reconocidas						Medio	1.7

Figura 3.13 Mapa de valoración por sustancia (cuadrángulo 16-g)



## CONCESIONES MINERAS

Para valorar la capa de "concesiones", se utilizará el catastro minero actualizado con el campo litotecto. Se deben seguir los siguientes pasos:

1. Utilizar el catastro minero actualizado, el cual se puede descargar del siguiente link: <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

2. Realizar la consulta por el campo LEYENDA y NATURALEZA:

**LEYENDA.**- Este campo diferencia los derechos del catastro minero en concesiones tituladas, en trámite, otros y derecho minero extinguido.

Los registros que trabajaremos serán los TITULADOS (véase los registros en color rojo de la tabla 3.30).

**Tabla 3.30** Leyenda de Concesiones

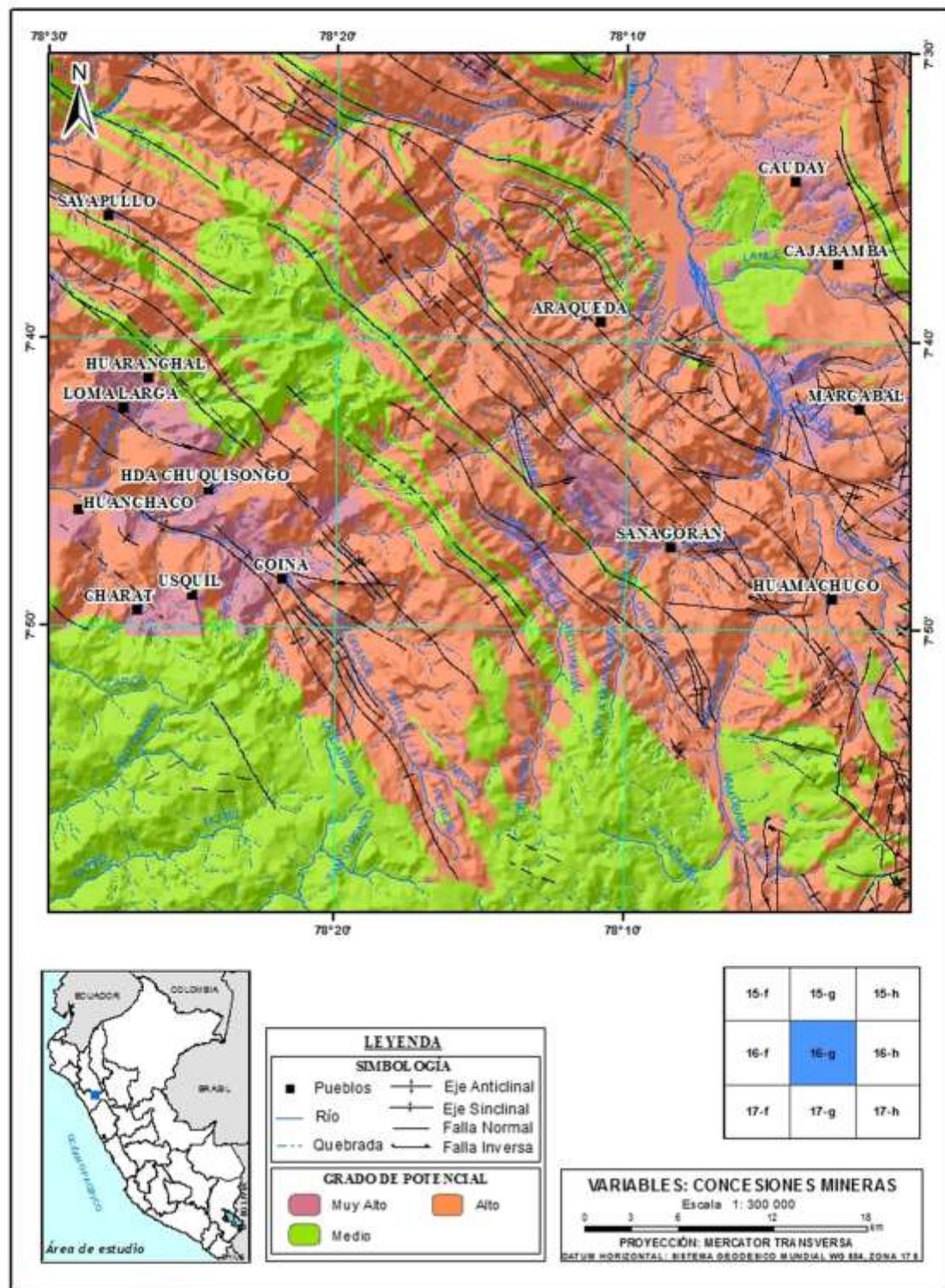
ESTADO	LEYENDA	COLOR DE LEYENDA
D.M. Titulado D.L. 109	TITULADO	AZUL
D.M. Titulado D.L. 109	TITULADO	AZUL
Acumulación D.M. titulada	TITULADO	AZUL
D.M. Titulado D.L. 708	TITULADO	AZUL
D.M. en trámite D.L. 109	TRAMITE	VERDE
D.M. en trámite D.L. 708	TRAMITE	VERDE
Canteras D.S. 037-96-EM	OTROS	MARRON
Plan de Beneficio	OTROS	MARRON
Labor General	OTROS	MARRON
Transporte Minero	OTROS	MARRON
Depósitos de Relaves	OTROS	MARRON
Terreno Erlazo	OTROS	MARRON
D.M. Exting. Cautelar Pod. Jud.	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Exting. Pub LD Redenunciable	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Ext. Pub. L.D. Aún No Petic.	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Exting. A publicar de L.D.	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Exting. No Peticionable	D.M. Extinguidos	NEGRO
D.M. Exting. D.L. 708 pub LD	D.M. Extinguidos	NEGRO

3. Para valorizar la capa de concesiones se superpone con la capa de litología. La capa de concesiones será de naturaleza no metálica y titulada hasta el día en que se realice la ponderación.
4. Se procederá a colocar los valores a los polígonos, de acuerdo a la condición de la concesión, según la tabla 3.31.
5. La capa generada se procede a convertir a formato "raster" (Figura 3.14).

**Tabla 3.31** Valoración del potencial concesiones

CONCESIONES	VALOR DE NIVEL	NIVEL
Áreas concesionadas	3.0	MUY ALTO
Áreas no concesionadas en litotectos	2.4	ALTO
Áreas no concesionadas en no litotectos	1.7	MEDIO

Figura 3.14 Mapa de valoración de concesiones no metálicas del cuadrángulo 16-g



## SENSORES REMOTOS

1. Para evaluar la variable de sensores remotos, se procede a descargar la imagen LANDSAT (<http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>), para la determinación de las anomalías de color como zonas de posible alteración.
2. La composición del mapa final tiene la clasificación en Arcillas (OH), Óxidos ( $Fe^{3+}$ ), Óxidos + Arcillas ( $Fe^{3+} + OH$ ) (fig. 3.15).
3. A cada tipo de anomalía, de acuerdo al orden de importancia, se le ha asignado un nivel; se ha valorado a cada anomalía con el promedio

del nivel correspondiente, según se aprecia en la tabla 3.32.

4. La capa generada se procede a convertir a formato "raster".

Aplicando esta escala y con los colores estandarizados, obtendremos el mapa correspondiente a esta variable (fig. 3.16). La ausencia de anomalías de color, según los cocientes utilizados, ameritará que las áreas pertenecientes al Llano Amazónico tengan una valoración de 1.2; mientras que para el caso de áreas con ausencia de anomalías de color, que pertenezcan al orógeno obtendrán el valor de 1.5 (coloración amarilla) (fig. 3.16).

Figura 3.15 Anomalías de color en imagen LANDSAT

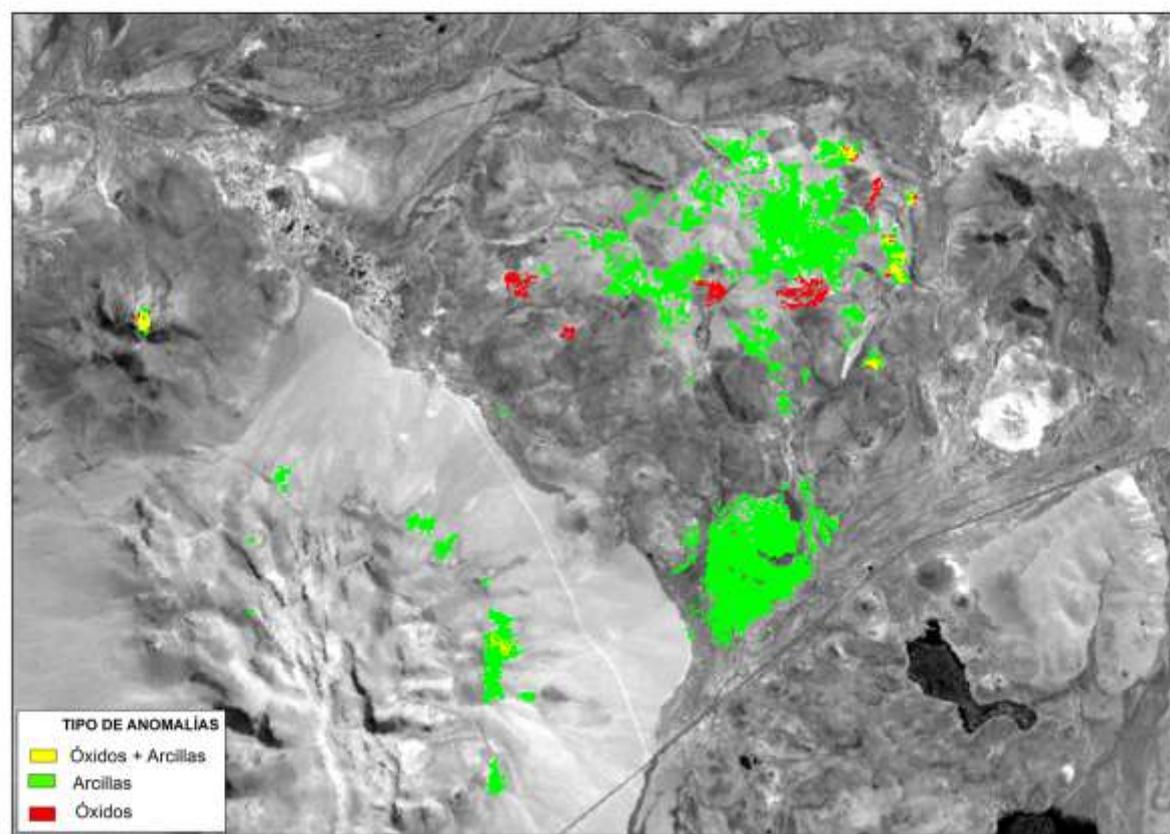
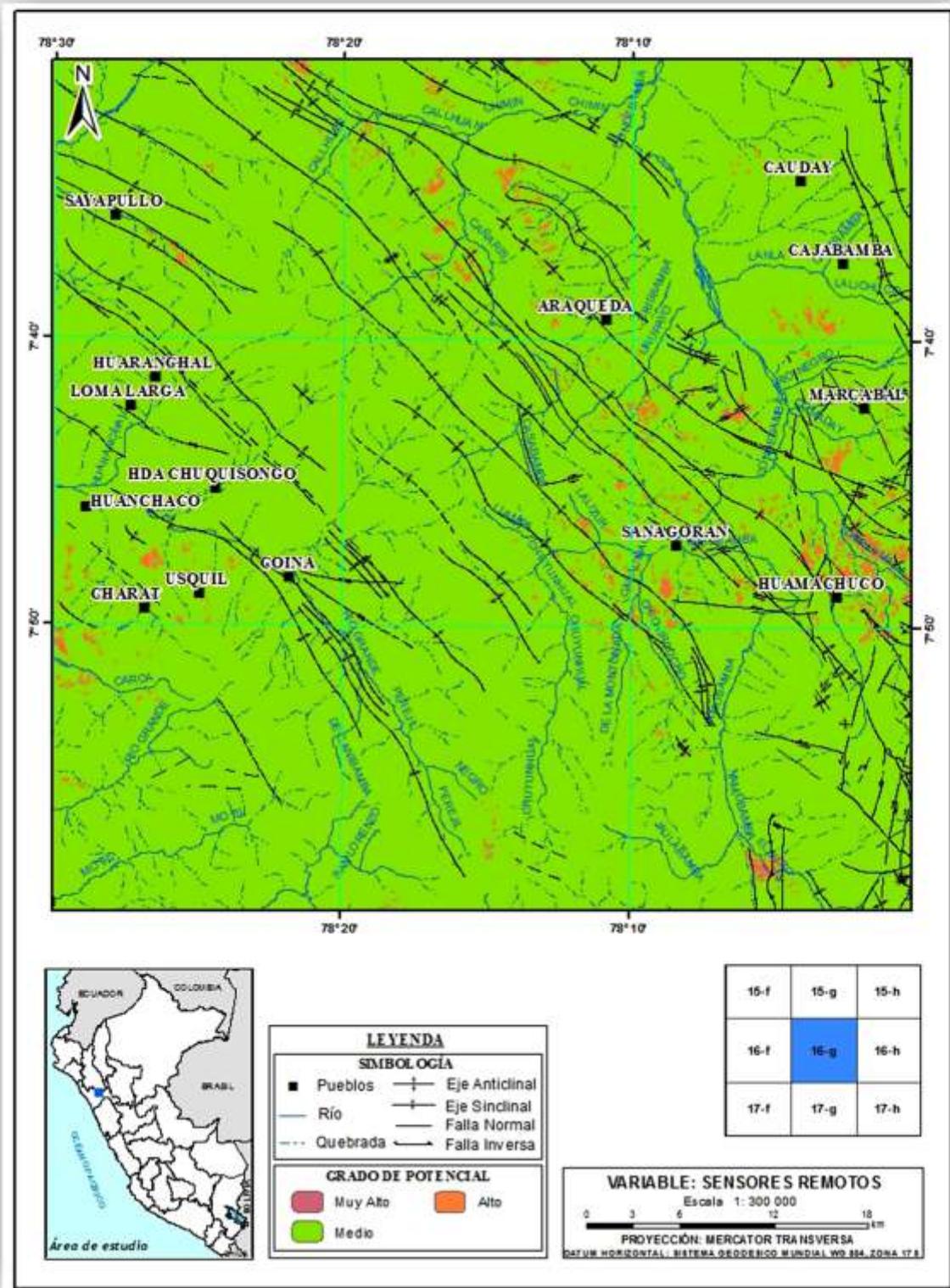


Tabla 3.32 Valoración de variable sensores remotos

ANOMALÍAS DE COLOR	VALOR DE CADA NIVEL	NIVEL
Óxidos + Arcillas	2.8	Muy Alto
Óxidos	2.2	Alto
Arcillas	1.9	Medio
Ausencia de anomalías	1.5	Medio

Figura 3.16 Mapa de la variable sensores remotos en el cuadrángulo 16-g



## ACCESOS

Para esta variable, se han clasificado las vías de acceso a nivel nacional, en relación con la producción y consumo de las sustancias no metálicas; así mismo, se ha considerado su influencia en las principales ciudades, puertos, aeropuertos, canteras y ocurrencias de las rocas y minerales industriales (RMI).

El acceso es una variable importante en las RMI, porque incide directamente en la producción y

precio de estas sustancias para los inversionistas nacionales, pequeña minería, pymes, asociaciones y cooperativas. También influye en la inversión extranjera, si la envergadura del yacimiento cuenta con un gran volumen, calidad y gran utilidad en el mercado, como es el caso de los fosfatos de Bayóbar.

La clasificación de las vías se realizó de acuerdo a la importancia y a su radio (tipos de vías) de influencia (tabla 3.33):

**Tabla 3.33** Valoración de las vías de acceso

TIPOS DE VÍAS	GRADO O NIVEL	VALOR	COLOR RGB	ÁREA DE INFLUENCIA
Asfaltada nacional	Muy Alto (MA)	3.0	(217,120,140)	
Asfaltada local	Muy Alto (MA)	2.8	(217,120,140)	
Afirmada	Alto (A)	2.2	(255,127,74)	
Trocha	Medio (M)	1.7	(152,230,0)	
Sin vía	Medio (M)	1.5	(152,230,0)	

Se asigna un ancho de influencia y valoración correspondiente a las vías, de acuerdo a su tipología; para ello se considera el nivel de tránsito

vehicular, la actividad comercial minera no metálica entre capitales provinciales, distritales, centros poblados y la actividad exportadora, (tabla 3.34).

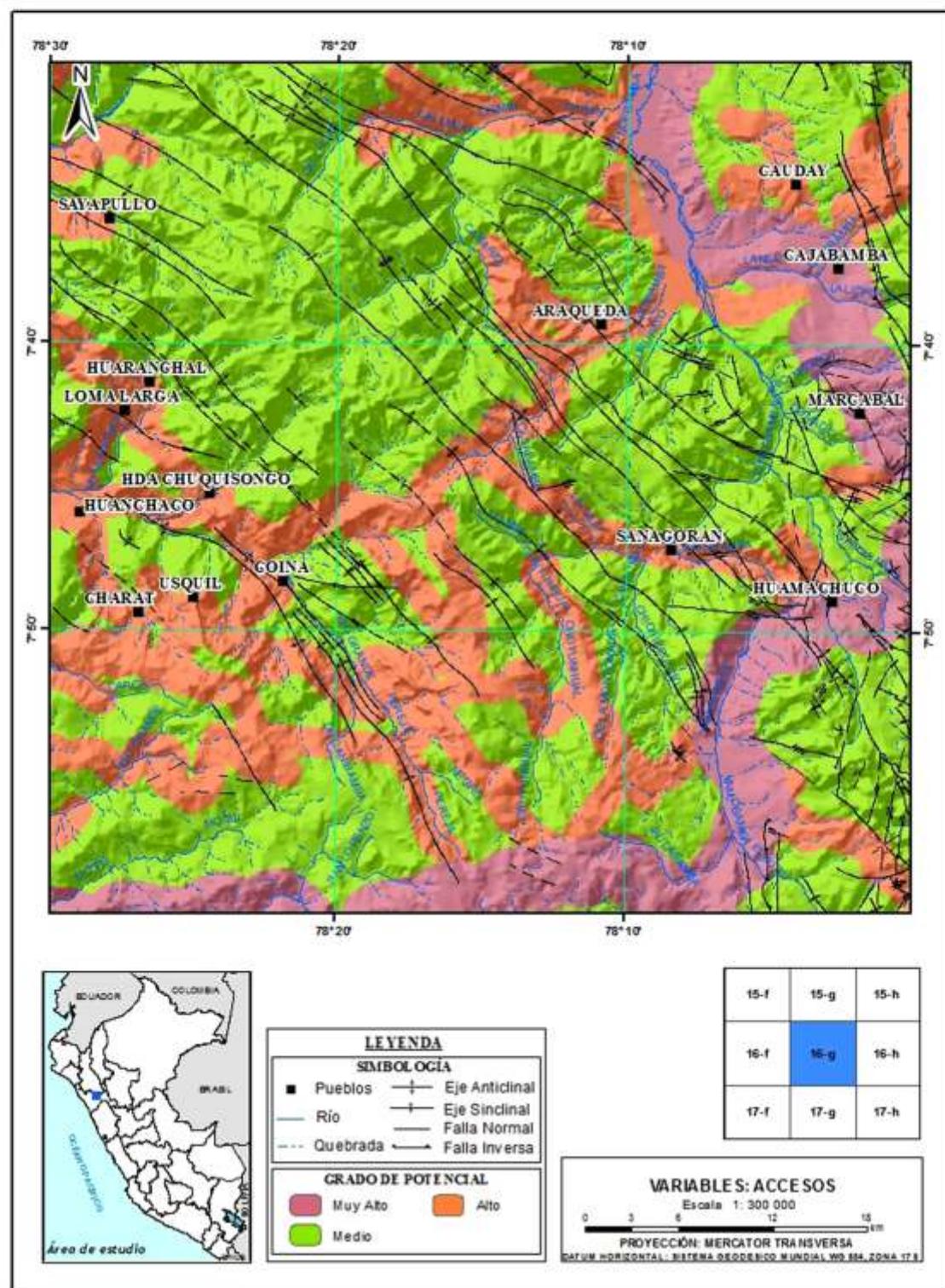
**Tabla 3.34** Valoración del ancho de vías

TIPO DE VÍAS	ANCHO DE INFLUENCIA (KM)	VALOR DE LA MATRIZ
Asfaltada nacional	8	3.0
Asfaltada	4	2.8
Afirmada	2	2.2
Trocha	1	1.7
Sin vía	0	1.5

Por ejemplo, la vía Longitudinal de la Sierra que atraviesa la hoja 16-g, ubicada entre las regiones de Cajamarca y La Libertad, tiene alta incidencia en el desarrollo de la producción y comercialización de las rocas y minerales

industriales o no metálicos, debido a su influencia en el radio de expansión urbano y agrícola. No dejan de ser importantes las vías afirmadas y carrozables, pero su incidencia es baja (fig.3.17).

Figura 3.17 Mapa de vías de acceso en en cuadrángulo 16-g.



### GENERACIÓN DEL MAPA DE POTENCIAL MINERO NO METÁLICO

Para realizar el mapa del potencial minero no metálico, se procede a ponderar cada uno de los mapas, en formato "raster", de las variables anteriormente descritas en el modelo. Cada una

de ellas será multiplicada por el peso definido en el proceso analítico jerárquico (tabla 3.24). Luego de que cada mapa es ponderado, estos nuevos "rasters" se sumarán, obteniéndose de esta manera una nueva capa "raster", la cual corresponde al mapa de potencial minero no metálico.

$$(Variable1*Peso1) + (Variable2*Peso2) + (Variable3*Peso3) + (Variable4*Peso4) + (Variable5*Peso5) + (Variable6*Peso6)$$

En la Figura 3.18 se muestra el mapa de potencial minero metálico del cuadrángulo de Cajabamba (16-g), luego de realizar la ponderación y suma algebraica de los "rasters" anteriormente descritos.

### minero metálico de la hoja 16-g (Cajabamba)

Obtenidos los "rasters" de cada una de las variables y los pesos respectivos, se empezará el procesamiento de los mismos considerando la siguiente fórmula:

$$Potencial\ Minero = (V1*P1) + (V2*P2) + (V3*P3) + (V4*P4) + (V5*P5)$$

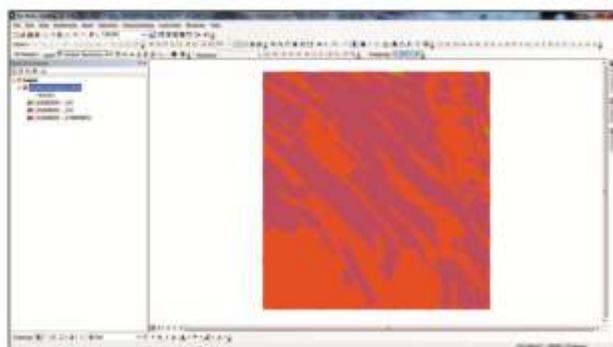
V(n) = Variables  
P(n) = Pesos

#### Metodología:

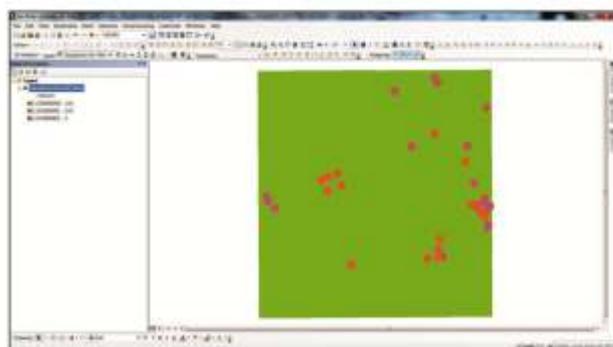
1. Abrir el programa Arcgis.
2. Importar los "rasters" de cada variable:

Variable 1	=	Litología
Variable 2	=	Sustancias
Variable 3	=	Concesiones Mineras
Variable 4	=	Sensores Remotos
Variable 5	=	Accesos

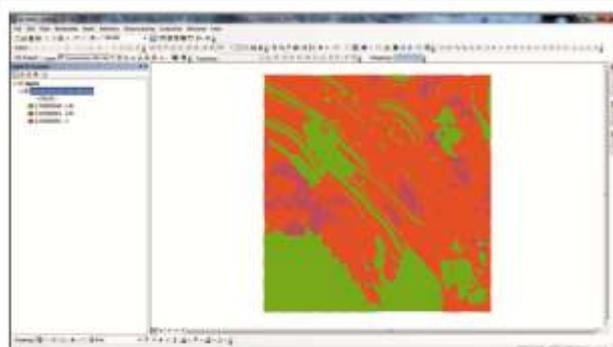
### "RASTER" DE CADA VARIABLE



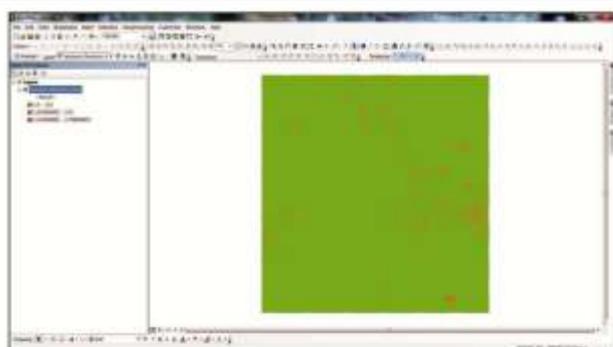
Variable 1 = Litología.



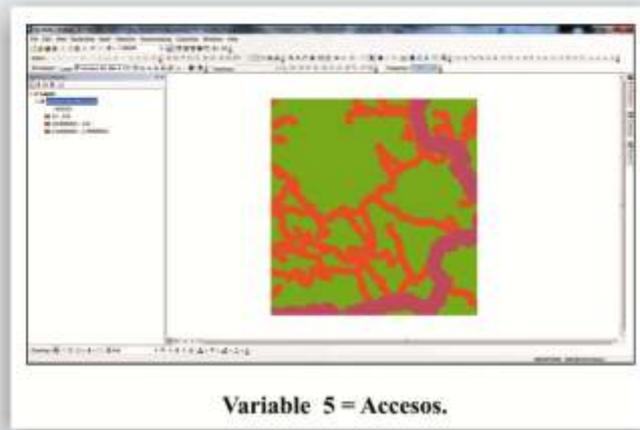
Variable 2 = Sustancias.



Variable 3 = Concesiones Mineras.

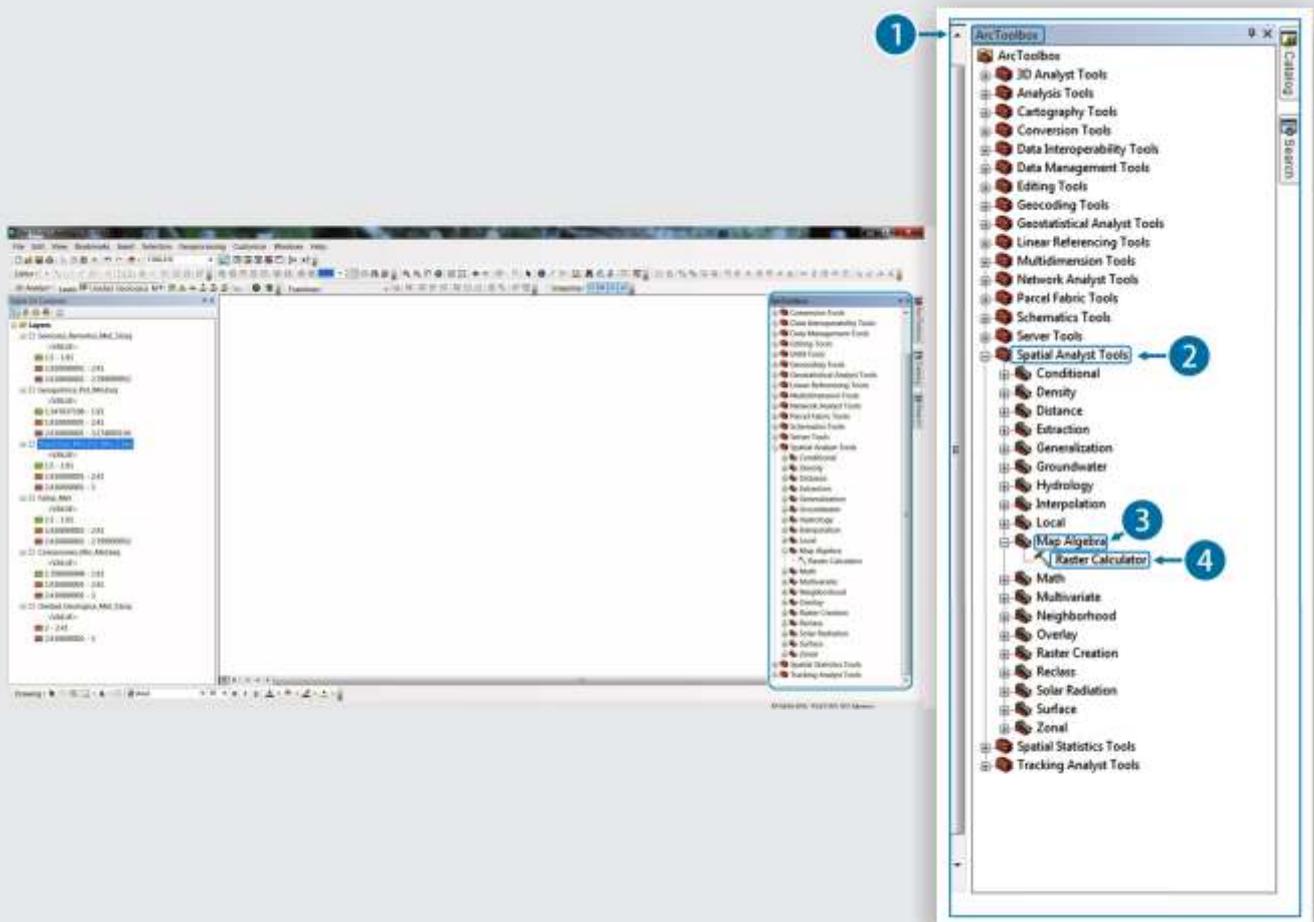
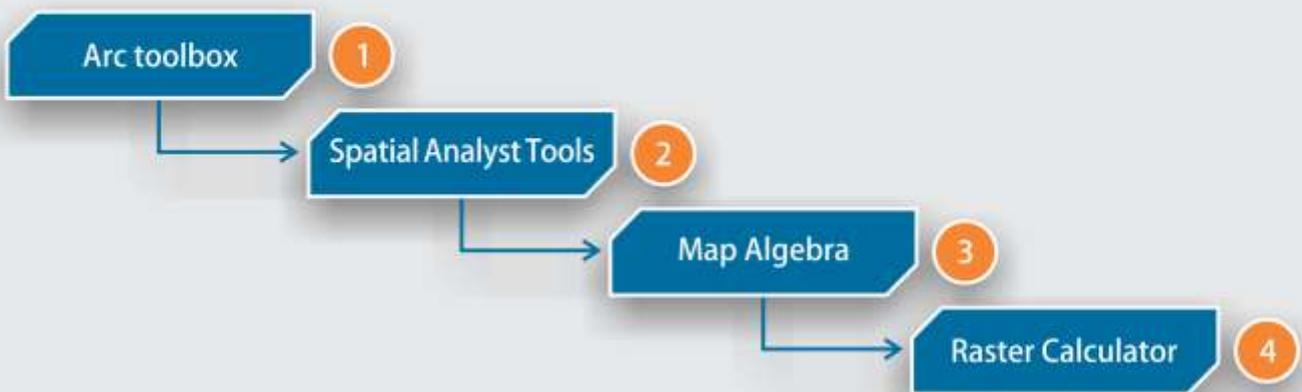


Variable 4 = Sensores Remotos.



Variable 5 = Accesos.

3. Importado el "raster" de cada variable, se abre la herramienta "Arc toolbox" y se realiza la siguiente secuencia:

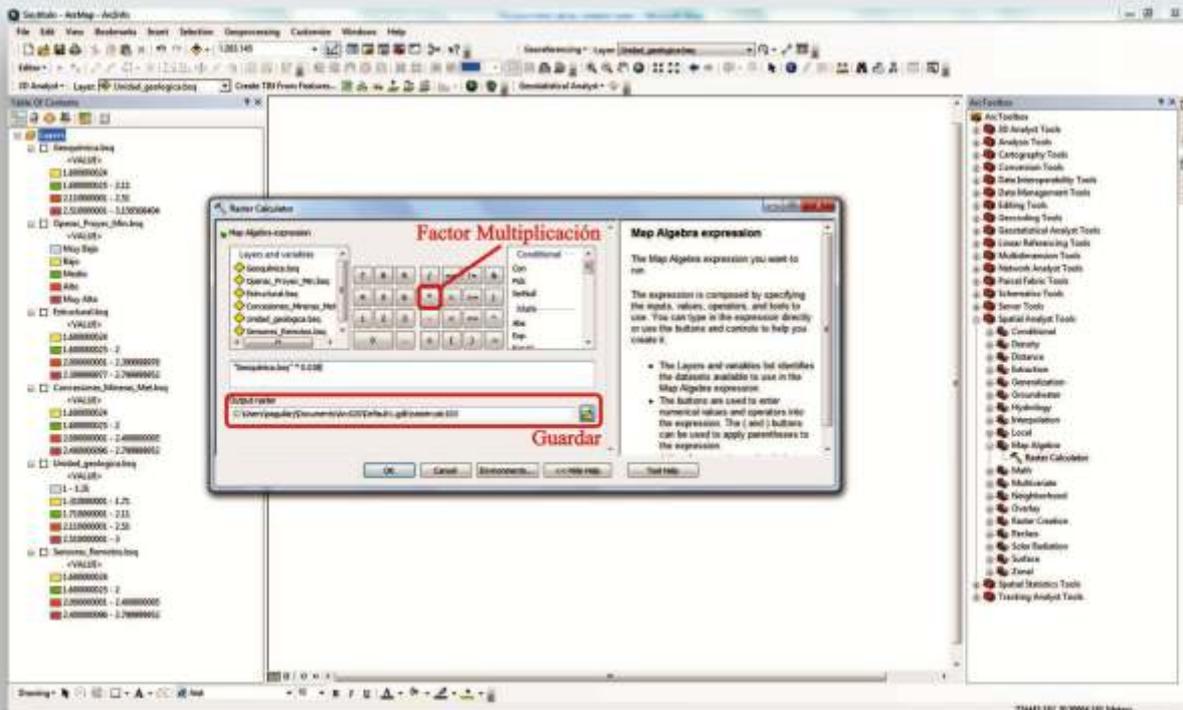


4. Se multiplica cada "raster" por su respectivo peso y se obtiene un nuevo "raster" para cada variable.

(Variable 1)\*(0.487)  
 (Variable 2)\*(0.266)  
 (Variable 3)\*(0.154)

(Variable 4)\*(0.060)  
 (Variable 5)\*(0.032)

Luego se guardan los nuevos "rasters" obtenidos.



5. Los nuevos "rasters" se suman de acuerdo a la ecuación para el cálculo del potencial minero; para ello se debe utilizar el operador de suma.

Luego se guarda el "raster" obtenido, el cual constituye el mapa de potencial minero no metálico.

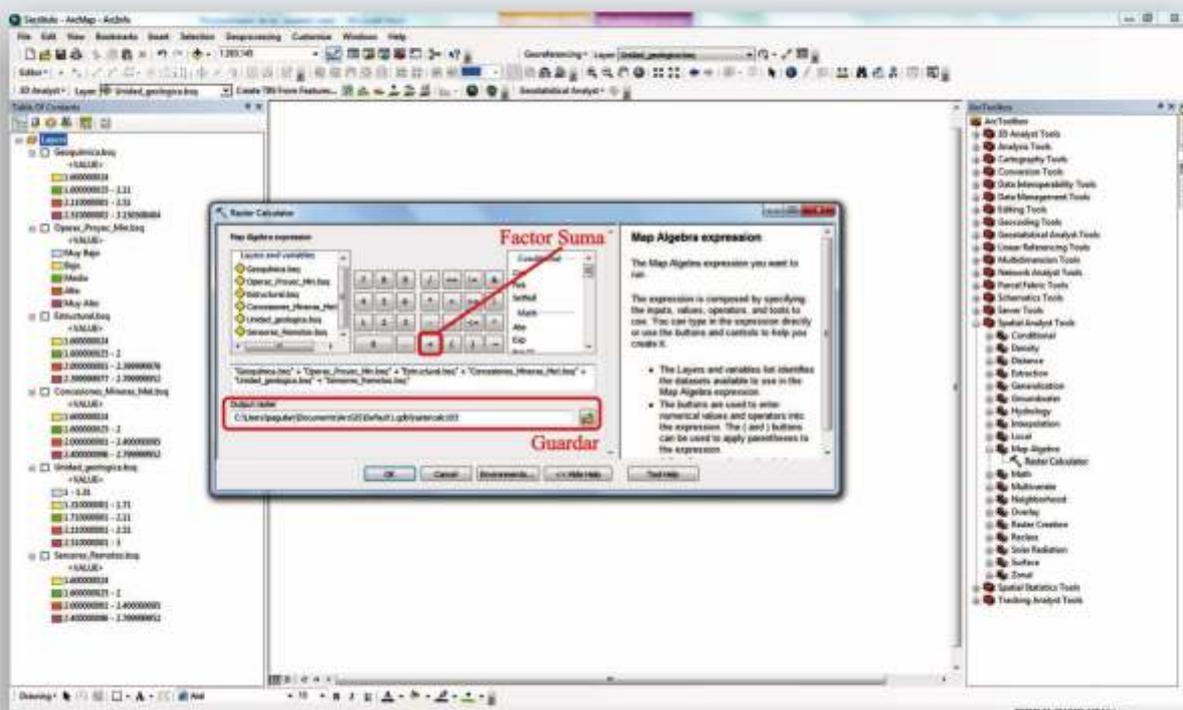
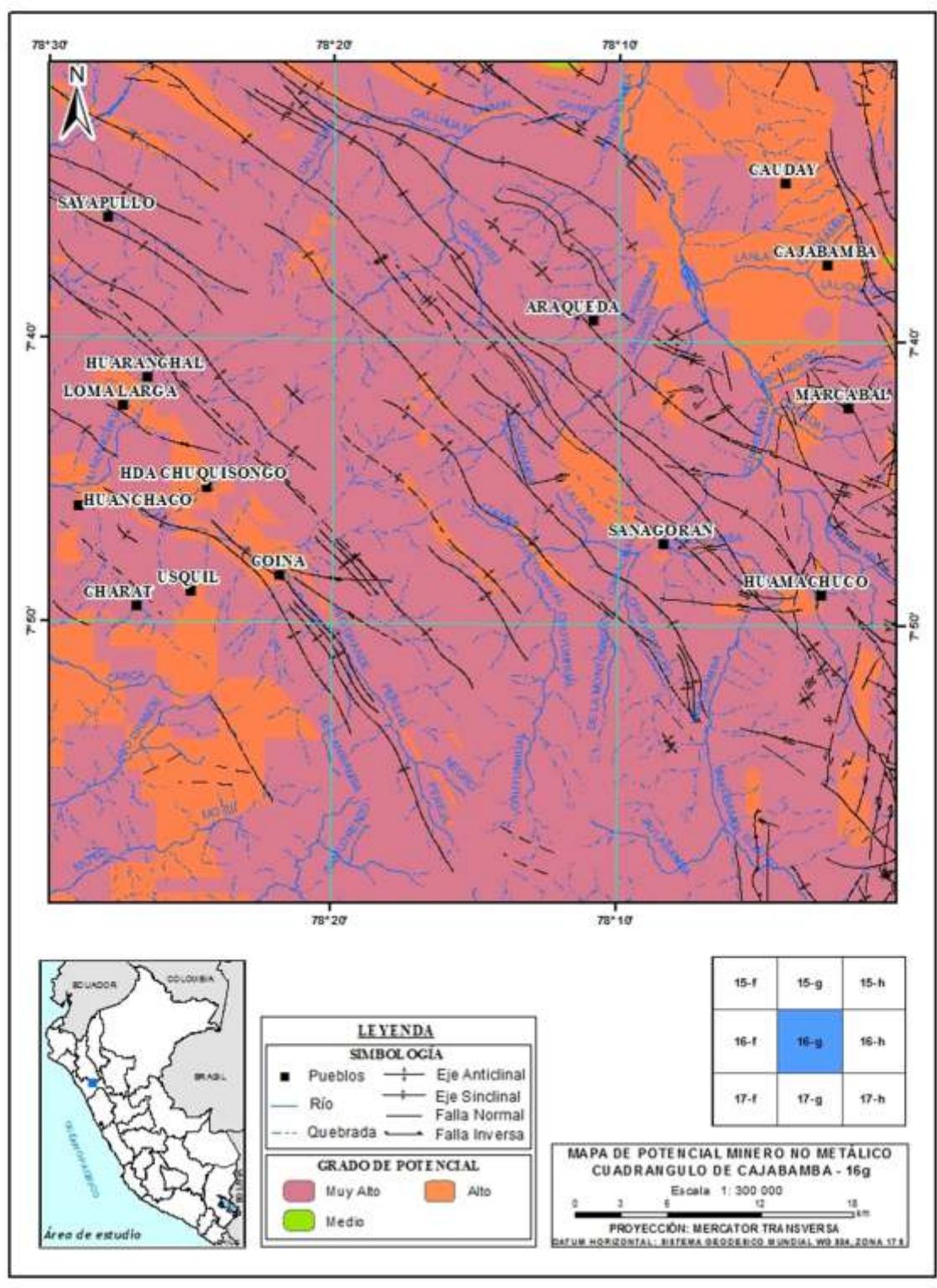


Figura 3.18 Mapa del Potencial Minero No Metálico del cuadrángulo 16-g



### DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL MINERO

Para generar la superficie probabilística del potencial minero (Figura 3.19), se debe considerar las capas ("rasters") del potencial minero metálico (Figura 3.11) y no metálico (Figura 3.18).

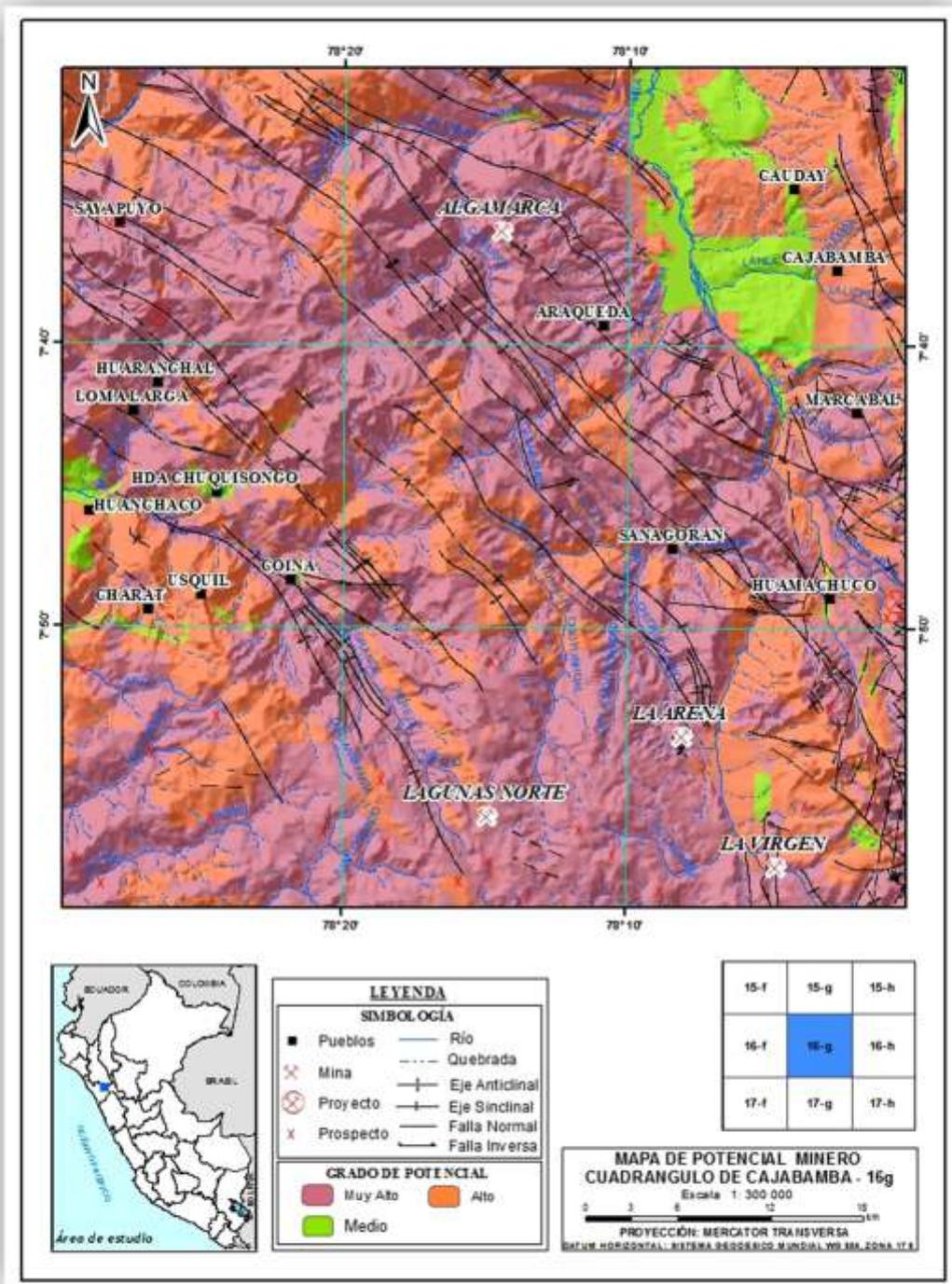
Con ambas capas se realizará una suma ponderada, según la siguiente expresión:

$$(\text{Potencial minero metálico}) * (\lambda 1) + (\text{Potencial minero no metálico}) * (\lambda 2)$$

Donde  $\lambda 1$  y  $\lambda 2$  son ponderadores, cada uno de ellos adoptará el valor de 0.8 o 0.2, dependiendo si en la zona a evaluar predominan los recursos metálicos o no metálicos. Así por ejemplo, para una

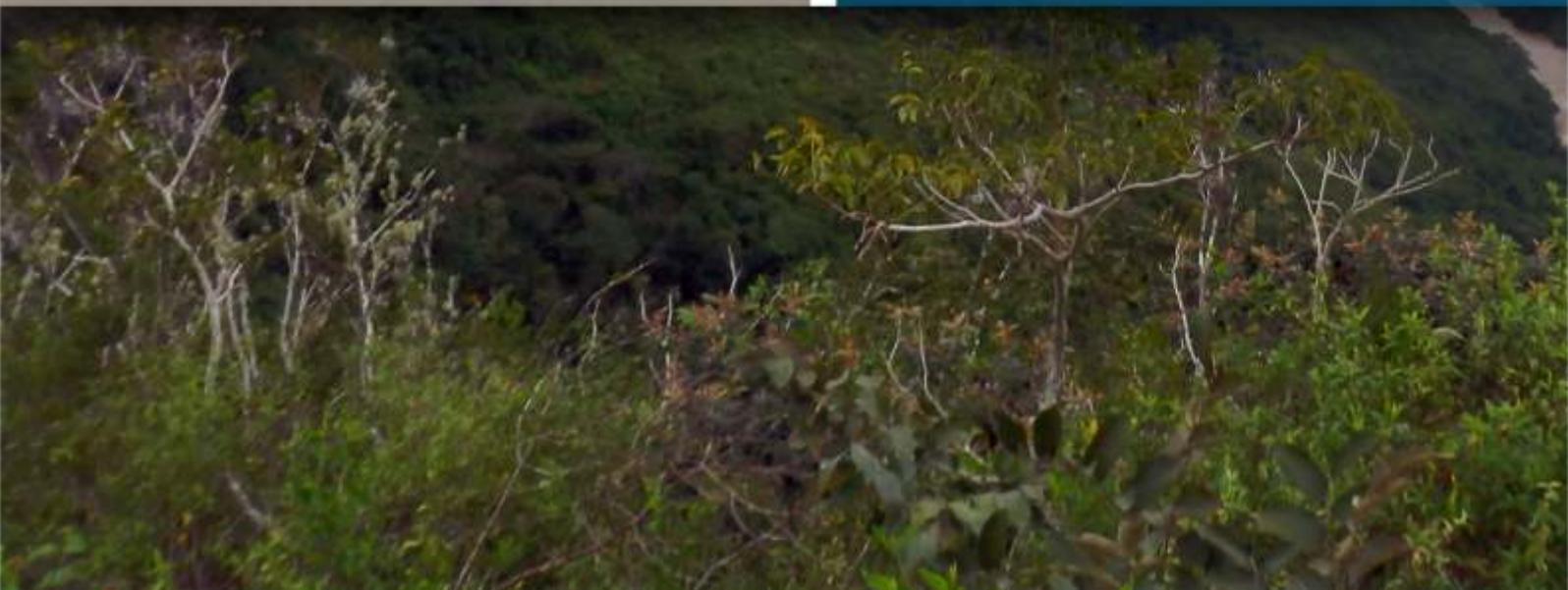
zona donde predominan los recursos no metálicos, dicho "raster" será multiplicado por 0.8 ( $\lambda 2$ ) y el "raster" correspondiente al potencial metálico será multiplicado por 0.2 ( $\lambda 1$ ).

Figura 3.19 Mapa de potencial minero del cuadrángulo 16-g.





# Referencias Bibliográficas





- Acosta, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Villarreal, E., Paico, D. & Santisteban, A. (2009) - *Memoria del Mapa Metalogenético del Perú 2009*. INGEMMET. 17 pg.
- Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID) y Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) (2011) - Volumen I, *Guía de Revisión Técnica de EIA: Minería No Metálica y Metálica*. 2011.  
Disponible en:  
<http://www.epa.gov/international/regions/lac/eia-guidelines/miningvol1sp.pdf>.
- Bolsa de Valores de Lima (2008) - *Código de Estándares de reporte para informar sobre recursos minerales y reservas de mena*. Aprobados en Sesión de Directorio Nro 775/03.
- Carr, D., ed. (1994) - *Industrial minerals and rocks*, 6 ed. Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 1196 p.
- Chirif, H. (2010) - Recursos Minerales, Metalogenia y Ordenamiento Territorial. XV Congreso Peruano de Geología. *Resúmenes Extendidos*. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp N°9 (2010), Cuscop. 1267-1269.
- Chirif, H. (2011) - *Formación de minerales, rocas y yacimientos*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, INGEMMET. Ppt, 79p.
- Dávila, J. (2011) - *Diccionario Geológico*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, INGEMMET, 901p.
- Dunin, E., et al. (1996) - *Minerales Industriales en el Perú, Oportunidades de negocios*. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 184p.
- Díaz A. & Ramírez, J. (2009) - Compendio de Rocas y Minerales Industriales en el Perú. Lima: INGEMMET, *Boletín Serie B: Geología Económica*, 19, 415p.
- Earth Science Australia.  
Disponible en:  
[http://www5.50megs.com/esa/mindep/depfile/clas\\_dep.htm](http://www5.50megs.com/esa/mindep/depfile/clas_dep.htm).
- Fernández, M., (2003) - *Glosario de Términos Minero Energéticos y Ambientales de la Legislación Peruana*. Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía. 179p.
- Higueras, P. (España: Universidad de Castilla-La Mancha), y Oyarzun, R. (España: Universidad Complutense de Madrid). (2012) - *Manual on-line de Recursos Minerales*.  
Disponible en:  
<http://www.uclm.es/users/higueras/yym/m/IndiceYM.html>
- INGEMMET (2011) - *Informes técnicos del Programa de Metalogenia*. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos.
- Lindgren, W. (1913) - *Mineral Deposits*, New York: McGraw-Hill.
- Klaus K. E. Nevendorf, et al (2007) - *Glossary of Geology* - fifth edition 2005. Publication of American Geological Institute. pp 651.
- Ministerio del Ambiente, Dirección General de Ordenamiento Territorial (2012) - *Guía Técnica de Modelamiento Temático para la Zonificación Ecológica Económica*.
- Ministerio Energía y Minas (1939-2012) - *Anuarios Mineros*.
- Neuendorf, Klaus, Mehl, James P., Jackson, Julia A (2005) - *Glossary of Geology fifth, edition 2005*, 779p.
- Oyarzún, J. (2009) - *Léxico de Geología Económica en Geología & Yacimientos Minerales*, Universidad de La Serena (Chile)
- Rollinson, M. R. (1993) - *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Longman, Essex, 352 pp

Samamé, B. (1985) - *El Perú Minero*. Tomo IV (1). 352 pags.

Samamé, B. (1986) - *El Perú Minero*. Tomo IV (3). 1547 pags.

Samamé, B. (1997) - *El Perú Minero*. Tomo VII. 730 pags.

Sánchez, I., Cohen, G., Díaz, Rodríguez, H. y Estrada, J. (2010) - Proceso Jerárquico Analítico para la toma de decisiones en el manejo de los

Recursos Naturales. *Revista Mexicana de Ciencia Agrícolas Vol. 1 Núm. 3* 1 de julio – 30 de septiembre, 2010 p. 305-319.

Servicio Geológico Mexicano (2012) - *Aptitud de uso de suelo minero en programas de ordenamiento ecológico-territorial*.

Disponible en: [www.sgm.gob.mx](http://www.sgm.gob.mx)

White, W. M. (2001) – *Geochemistry*. Cornell University Ithaca NY 14853. USA; 701 pp.





# Glosario





**ALTERACIÓN**

Cualquier cambio en la composición mineralógica de una roca debido a procesos físicos o químicos. En la lengua inglesa, la alteración superficial de rocas y suelos sometidos a los agentes atmosféricos se denomina más comúnmente "weathering".

**AMBIENTE GEOLÓGICO**

Espacio en la corteza terrestre, sea suelo o subsuelo, caracterizado por determinadas condiciones físico-químicas como temperatura, presión, etc., en el que ha ocurrido numerosos procesos geológicos que condicionan el terreno.

**ANOMALÍA**

- Cualquier tipo de irregularidad de los materiales que se encuentran en la superficie terrestre que hace denotar la presencia de un material extraño. Ejm. la anomalía radioactiva indica la presencia de minerales radioactivos, las anomalías gravimétricas señalan la presencia en el subsuelo de un material pesado, la anomalía geoquímica señala la presencia de determinados elementos (cobre, oro, molibdeno, etc.), anomalía geofísica.
- Anomalía geoquímica de un determinado elemento, es una variación de la concentración de dicho elemento con respecto a la concentración normal o promedio en el mismo tipo de roca (background).
- Anomalía geofísica, es una variación del comportamiento magnético, gravimétrico, radiométrico o de conductividad eléctrica con respecto al comportamiento normal esperado en una determinada zona o tipo de roca.
- Anomalía de color, es una variación de las características ópticas de las imágenes satelitales con respecto a las normales esperadas en una determinada zona o tipo de roca.

**BLOQUES TECTÓNICOS**

Son bloques de corteza que han sido desplazados por movimientos de fallas.

**CÁMARA MAGMÁTICA**

Es un reservorio de magma en la parte menos profunda de la litosfera de la que se derivan los materiales volcánicos, el magma es el fluido que ha subido a la corteza desde una fuente más profunda.

**CANTERA**

Se entiende por cantera el sistema de explotación a cielo abierto para extraer de él rocas o minerales no disgregados, utilizados como material de construcción.

**CARTA GEOLÓGICA**

Son mapas que guardan información geológica tal como distribución, naturaleza y relación cronológica de unidades rocosas; así como la ocurrencia de estructuras (pliegues, fallas, entre otros).

**CATEO**

Es la acción conducente a poner en evidencia indicios de mineralización por medio de labores mineras elementales.

**CIERRE DE MINA**

Es la preparación (desde el inicio de las operaciones) y ejecución de actividades para restaurar las áreas afectadas por la explotación:

Las fases del proceso de cierre incluyen:

- a. Diseño inicial.
- b. Aprobación gubernamental del plan de recuperación y financiamiento.
- c. Recuperación progresiva durante la operación.
- d. Fin de la producción con costos asociados al despido del personal.
- e. Desmantelamiento de construcciones, reperfilado de áreas explotadas, para estabilización y propósitos estéticos.

Asimismo la responsabilidad abarca hasta el monitoreo de los posibles efluentes posteriores al cierre y tratamiento de flujos de la mina.

**DEPÓSITO**

Un cuerpo mineralizado que se ha delimitado físicamente con suficiente perforación, excavación de zanjas y/o trabajos subterráneos y que se ha

encontrado contiene una ley promedio suficiente de metal o metales para garantizar la exploración y/o los gastos de desarrollo.

### DEPÓSITO MINERAL

Concentración local de una o más sustancias minerales útiles y de rendimiento económico. Incluye por lo tanto a los minerales propiamente dichos como a las sustancias naturales, así como también a los fósiles (carbón, petróleo, etc.). Los depósitos minerales se clasifican en: depósitos primarios o de origen magmático, secundarios o de origen sedimentario y/o alteración de los primarios, y fósiles (carbón, petróleo). Sinónimo: yacimiento.

### DESARROLLO

Es la operación que se realiza para ser posible la explotación del mineral contenido en un yacimiento.

### ELEMENTO TRAZA

Son elementos que se encuentran en muy baja concentración, por debajo de 1% o 10000 ppm, en su mayoría forman parte de los minerales que los contienen por ser considerados extraños al mismo.

### EXPLORACIÓN

Es la actividad minera tendiente a demostrar las dimensiones, posición, características mineralógicas, reservas y valores de los yacimientos minerales. La explotación es la actividad de extracción de los minerales contenidos en un yacimiento.

### EXPLORACIÓN MINERA

Es el proceso o conjunto de procesos por el cual o cuales extraemos un material natural terrestre del que podemos obtener un beneficio económico: puede ser desde agua, hasta diamantes, por ejemplo. Se lleva a cabo mediante pozos en minas subterráneas o a cielo abierto o en canteras.

### EXPLORACIÓN EN LABORES SUBTERRÁNEAS

El método de explotación subterránea se lleva a cabo cuando las zonas mineralizadas (vetas o cuerpos de mineral económico) son angostas y

profundas, por lo que según las evaluaciones técnicas y económicas justifica la perforación de túneles y socavones para posibilitar su extracción.

### EXPLORACIÓN A TAJO ABIERTO

Es una explotación en superficie que extrae en franjas horizontales llamados bancos, en forma descendente a partir del banco que está en la superficie. Este tipo de explotación es de gran volumen y se aplica en yacimientos masivos de gran tamaño, cerca de la superficie, puesto que a mayor profundidad aumentará la cantidad de material estéril a remover (radio de desbroce) aumentando en consecuencia el costo de producción.

### EXÓGENO

Proceso o depósito que tiene su origen en la superficie de la Tierra, ligado a fenómenos climáticos e hidrológicos que controlan la meteorización y la erosión de las rocas. Corresponde al concepto de supérgeno (supergénico). Por ejemplo, el enriquecimiento supérgeno, es un proceso exógeno particular, como lo son los procesos exógenos generales de meteorización, remoción en masa y erosión. Yacimientos como los de placeres aluviales, los depósitos exóticos de cobre y las evaporitas de los salares son de origen exógeno.

### FALLA

Una fractura, o zona de fractura, a lo largo de la cual se ha dado un desplazamiento paralelo a la fractura de ambos lados respecto del otro. El desplazamiento puede ser de centímetros o miles de metros. En geología, existen muchas variedades de fallas.

### GANGA

Comprende a los minerales que acompañan a la mena, pero que no presentan interés minero en el momento de la explotación. Ejemplos frecuentes en minería metálica son el cuarzo y la calcita. Conviene resaltar que minerales considerados como ganga en determinados momentos se han transformado en menas al conocerse alguna aplicación nueva para los mismos.

## GEOFÍSICA

En exploración minera se utiliza una amplia gama de métodos geofísicos. En términos básicos, se trata de conocer la expresión o la respuesta de las rocas no expuestas y los posibles yacimientos asociados a ellas en términos de sus propiedades físicas. Estas propiedades incluyen: a) densidad (en términos de masa gravitacional), b) magnetismo, c) reflexión y refracción de ondas sísmicas, d) conductividad eléctrica, e) respuesta a ondas electromagnéticas, f) conductividad térmica, etc. Algunos métodos geofísicos, como gravimetría, magnetometría, etc. implican simplemente realizar mediciones.

## GEOQUÍMICA

El estudio de los componentes químicos de la corteza y el manto terrestres. Es de aplicación en la exploración minera para detectar los sitios que indican una concentración de los elementos que se busca. La exploración geoquímica estudia muestras de suelos, rocas y sedimentos lacustres y riberos.

## GEOLOGÍA ECONÓMICA

Es la ciencia que estudia los recursos naturales esencialmente minerales, que el hombre extrae de la tierra para cubrir sus necesidades y comodidades, teniendo en cuenta su rendimiento económico. Para determinar el rendimiento económico de un recurso, el geólogo debe tener en cuenta los siguientes aspectos: 1. Ubicación del yacimiento (tonelajes, leyes, etc.), 2. Planeamiento de explotación, 3. Infraestructura (transporte, vías de comunicación, cercanía de puertos de embarque, centro de compra-venta, centros poblacionales, energía eléctrica, agua, etc.), 4. Aspectos legales y tributación, 5. Determinación del rendimiento económico (comparación entre el valor de venta y el total de gastos). La geología económica estudia los yacimientos metálicos y no metálicos, petrolíferos, acuíferos y en general todos los recursos naturales que la tierra proporciona al hombre.

## GEOLOGÍA REGIONAL

La geología regional está orientada al estudio de las unidades litoestratigráficas y su rela-

ción con los eventos tectónicos, procesos ígneos y de mineralización ocurridos en la región (estudios petromineralógicos de rocas sedimentarias, volcánicas, ígneas, análisis geoquímicos de rocas, dataciones geocronológicas, análisis estructural y evolución tectónica regional, relación de episodios magmáticos y fases tectónicas con periodos de mineralización, estudios combinados de estratigrafía y procesos de metamorfismo asociado, entre otros).

Ciencia que se ocupa de realizar los levantamientos geológicos de grandes regiones, puede ser de cuadrángulos geográficos, distritales, departamentales, etc. En el Perú estos levantamientos los realiza el INGEMMET.

## HIDROTHERMAL

El término se aplica a toda solución acuosa caliente de origen natural. Las soluciones hidrotermales pueden tener distintos orígenes, entre los principales: a) agua contenida en solución en un magma y liberada en el curso de su cristalización, b) agua contenida en sedimentos, que se separa en el curso de la diagénesis y litificación de la secuencia, c) agua liberada en el curso del metamorfismo de rocas, d) aguas subterráneas calentadas por efecto de un alto gradiente geotérmico debido a un cuerpo magmático en cristalización, al desarrollo de un rift, etc. Las soluciones hidrotermales salinas (brines) tienen un especial potencial para lixiviar metales de las rocas, así como para transportarlos, debido a su capacidad para formar iones metálicos complejos con los aniones que contienen (p.ej. complejos clorurados). La etapa hidrotermal constituye la última fase de la cristalización de un magma, después de la cristalización principal, la etapa pegmatítica y la neumatolítica.

## HIPÓGENO

El término indica el origen de un mineral o de una solución en el sentido de que proviene de la profundidad. Por ejemplo, un mineral depositado por una solución hidrotermal procedente de la cristalización de un cuerpo ígneo se considera hipógeno (al igual que la solución respectiva). El término se opone a supérgeno (supergénico), proveniente de la superficie, por ejemplo, los minerales

secundarios de la zona de cementación (enriquecimiento) de sulfuros.

## IOCG

Es un término muy amplio y por lo tanto poco preciso y ambiguo. Se trata de un acrónimo a partir de las iniciales de Iron Ore Copper Gold. Designa los yacimientos cuya mineralización de cobre y oro está asociada a óxidos de Fe: magnetita y/o hematita. El interés por estos yacimientos surgió a raíz del descubrimiento en 1975 del yacimiento de Olympic Dam en el sur de Australia, que alberga varios miles de millones de toneladas de minerales de cobre, oro, uranio y tierras raras asociados a óxidos de Fe.

## LLANURA AMAZÓNICA

Es una unidad morfológica que se extiende a lo largo de toda la selva peruana, desde Bolivia hasta Colombia; y desde la región sub-andina hasta el escudo brasileiro. Constituye geomorfológicamente una amplia zona llana cubierta de vegetación.

## LEY MINERAL

El término denota el porcentaje de un elemento químico o de un mineral industrial, ya sea en una muestra, en un bloque mineralizado o en un yacimiento (ley media). La ley media de un depósito depende de la parte de él que se considere, y naturalmente desciende en la medida que se incluyen zonas más pobres en el cálculo de sus reservas. En consecuencia es normal que se genere una relación inversa entre la magnitud de las reservas calculadas y su ley media, a menos que el crecimiento de las reservas se deba al descubrimiento de un nuevo cuerpo mineralizado más rico, ya sea en el mismo yacimiento o en sus inmediaciones.

## LITOLOGÍA

El término abarca todo lo referente a las rocas, incluido su metamorfismo y alteración hidrotermal. Junto con la estructura (control estructural), la litología ejerce un control principal sobre la distribución de la mineralización en un yacimiento.

## MANTO (yacimientos)

Designación tipológica estructural de yacimientos utilizada en Chile y Perú para

depósitos estratiformes en secuencias volcánico-sedimentarias, cuya inclinación es moderada (del orden de 40° o menor). Generalmente, estos yacimientos se explotan por el método caserones (= cámaras) y pilares (room and pillar).

## MAPA GEOLÓGICO

Es la representación cartográfica de la información de los afloramientos de las rocas, su edad, las estructuras geológicas, los yacimientos minerales, los yacimientos petrolíferos, es decir, contiene toda la información geológica del área que cubre el mapa. Los mapas geológicos se elaboran mediante una simbología definida en convenciones nacionales e internacionales utilizando líneas y rectas con características específicas y colores determinados de acuerdo con la simbología.

## MAPA METALOGÉNICO

Es un mapa a escala regional que muestra la distribución de los depósitos minerales (metálicos o no-metálicos) sobre una base geológica adecuada para destacar características relevantes de la mineralización y con una simbología apropiada para indicar la forma, tipo de mineralización y magnitud de cada depósito (el tamaño de los depósitos se muestra independiente del nivel de explotación; no es un mapa de recursos mineros). El propósito de los mapas metalogénicos es proveer una base o punto de partida sólido para exploraciones mineras regionales.

## MENA

Es el mineral cuya explotación presenta interés. En general, es un término que se refiere a minerales metálicos y que designa al mineral del que se extrae el elemento químico de interés (Cu de la calcopirita, Hg del cinabrio, Sn de la casiterita, entre muchos ejemplos posibles).

## METALOGENIA

Bajo este concepto se define a la "Rama de la Geología que estudia el origen de los yacimientos minerales, sus relaciones con las rocas que los contienen, las estructuras que los controlan, y las leyes que gobiernan la distribución de los depósitos minerales en la corteza terrestre". Esta definición considera todas las variables en el espacio y en el tiempo.

**METALOTECTO**

Término que se refiere a una determinada unidad litológica que posee una característica geológica que se cree que ha jugado un rol en la concentración de uno o más elementos (o sustancias minerales) y ha contribuido a la formación de depósitos minerales; puede ser estructural - estratigráfica, litológica, geomorfológica, etc. que además tiene ubicación en el tiempo geológico. Ejemplo: Rocas volcánicas jurásicas, una falla regional asociada a una secuencia estratigráfica determinada, secuencia carbonatada del Cretáceo, etc.

**METAMORFISMO**

Es un proceso que no suele producir transformaciones de interés minero. Algunas excepciones son la transformación de las calizas en mármoles, de mayor compacidad y vistosidad que la de las rocas originales, la formación de serpentinitas, roca también con posibilidades ornamentales, o la génesis de minerales nuevos con aplicaciones industriales, como el granate, la andalucita... Pero en general, el metamorfismo, al ir acompañado de deformación tectónica, y de removilización de componentes volátiles, es un proceso que destruye los yacimientos, más que generarlos.

**MINA**

Es un yacimiento mineral que se encuentra en proceso de explotación. Las minas se clasifican de acuerdo al tipo de mineral que se explota. Ejm. Mina de cobre, de plomo, de zinc, de hierro, polimetálica. De acuerdo al volumen de explotación, pequeña, mediana y gran minería. De acuerdo al método de explotación: tajo abierto, subterránea, combinadas.

**MINERAL**

Sustancia inorgánica de origen natural con estructura cristalina y composición química definida. En sentido más general, se denomina a algunas sustancias que son extraídas mediante minería.

**MINERALES INDUSTRIALES**

Este término incluye una amplia gama de minerales que tienen aplicaciones industriales o son utilizados para la síntesis de compuestos inorgánicos o la

obtención de elementos como los de carácter alcalino. Algunos minerales industriales tienen múltiples y muy variados usos: por ejemplo la halita (NaCl) se utiliza como condimento, para fundir la nieve de los caminos, para la fabricación de carbonato de sodio (soda), para la obtención de Na y Cl, entre otros.

**MINERALIZACIÓN**

Cualquier mineral o conjunto de minerales que ocurre en una masa, o depósito de interés económico. El término es destinado a cubrir todas las formas en que la mineralización puede ocurrir, bien por clase de depósito, modo de ocurrencia, génesis o composición.

**MODELOS DESCRIPTIVOS DE DEPÓSITOS MINERALES**

Los modelos descriptivos de yacimientos minerales constituyen sistematizaciones de información geológica de gran valor para la exploración y la evaluación de territorios que presenten aquellos atributos definidos en el modelo y que los hagan perspectivas para el descubrimiento de nuevos recursos minerales.

**MODELO METALOGENÉTICO**

Metalogenia es el estudio de la génesis del depósito mineral, y su relación de espacio y tiempo. El modelo metalogenético se refiere a una génesis ya establecida para un determinado tipo de depósito mineral.

**MVT**

Del inglés: Mississippi Valley Type. Tipo de yacimientos de Pb-Zn emplazado en rocas carbonatadas marinas de la plataforma continental (calizas alteradas en parte a dolomías). Sus distritos son extensos, cubriendo cientos e incluso miles de km<sup>2</sup>, aunque los depósitos individuales son pequeños (generalmente < 2 Mt). Normalmente el zinc supera al plomo, y la ley conjunta es inferior al 10%. Estos yacimientos se formaron con posterioridad al depósito de las rocas carbonatadas, ya sea durante la etapa diagenética o una posterior, por efecto de soluciones salinas originadas en la propia secuencia sedimentaria, y con aportes de aguas meteóricas.

**NIVEL FREÁTICO**

El nivel superior del acuífero a presión atmosférica más cerca de la superficie de la tierra.

**OCURRENCIA MINERAL**

Afloramiento o yacencia de los minerales y rocas. También se refiere al acontecimiento de cualquier tipo de proceso o evento geológico.

**ORDENAMIENTO TERRITORIAL (OT)**

El Ordenamiento Territorial es una política de Estado, un proceso político y un instrumento de planificación que promueve la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio, procurando el desarrollo integral de la persona como garantía para una adecuada calidad de vida.

**ORÓGENO ANDINO**

Un Orógeno es una región lineal o arqueada que ha sido sometida a plegamiento y otras deformaciones durante un ciclo orogénico. El Orógeno andino se refiere al ciclo orogénico que dio origen a la Cordillera de los Andes.

**PATHFINDER**

Es un elemento fácilmente detectable, el cual puede ser utilizado como guía para ubicar la presencia de un elemento económicamente más deseable.

**PLUTONISMO**

Proceso generador de rocas en el cual el magma ya constituido, en su ascenso, se encaja en las rocas circundantes.

**POTENCIA (ESPESOR)**

Es el grosor de un estrato, dique, sill o veta. Es la distancia medida entre los planos límites de la estructura (estrato, dique, filón, capa, sill, entre otros). Se denomina potencia de una veta o manto a su altura o espesor. Este se mide perpendicularmente a las paredes de la veta o techo y base de los mantos; la potencia de la veta varía desde algunos centímetros hasta varios metros.

**POTENCIAL DE RECURSO MINERAL**

Estimación posible de un yacimiento mineral, mediante cálculos de cubicación.

**PROCESOS EXÓGENOS**

Todos aquellos que tienen lugar por encima de la superficie terrestre, como consecuencia de la interacción entre las rocas y la atmósfera y la hidrosfera.

**PROCESOS ENDÓGENOS**

Todos aquellos que tienen lugar por debajo de la superficie terrestre, como consecuencia de los procesos de liberación del calor interno del planeta, materializados en la Tectónica de Placas y procesos asociados, tales como el magmatismo y el metamorfismo.

**PROCESOS GEOLÓGICOS**

Son aquellas acciones y efectos que tienen lugar en las zonas externas e internas de la corteza terrestre y manto, y cuyo resultado es el modelado del relieve.

**PROCESOS MAGMÁTICOS**

El continuo cambio del magma tanto en composición y como resultado de la diferenciación magmática asimilación o combinación del magma.

**PROCESOS METAMÓRFICOS**

Procesos que involucran cambios en el contenido, composición o estructura del mineral de las rocas mayormente en estado sólido. Estos procesos coexisten con la fusión parcial e inclusive pueden involucrar cambios en la mayor parte de la composición de la roca.

**PROCESOS PEGMATÍTICOS**

Proceso relacionado al fraccionamiento de magmas residuales, donde la cristalización se forma en y/o alrededor de los plutones y rocas circundantes.

**PROCESOS SEDIMENTARIOS**

Fenómenos de la superficie terrestre y del agua. Empieza con la destrucción de rocas sólidas por la meteorización o intemperismo, la erosión y el transporte por un medio (agua, viento, hielo), la deposición o precipitación, litificación y como último la diagénesis, la formación de rocas sólidas. Los procesos sedimentarios generalmente son muy complejos y dependen de muchos factores.

**PROSPECCIÓN**

Es la investigación de una determinada región, a través de los trabajos geológicos, mineros, geoquímicos, con el objeto de determinar la existencia de concentraciones de minerales de interés comercial o petrolífero. La prospección puede llamarse prospección geológica, prospección geofísica, prospección geoquímica, de acuerdo a la orientación del estudio.

**PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA**

Es el uso de las leyes geoquímicas generales y regionales en la prospección geológica, especialmente en la exploración de depósitos minerales y de hidrocarburos.

**PROSPECTO MINERO**

Se denomina prospecto a un yacimiento minero que se encuentra en la etapa inicial de investigación.

**PROVINCIA METALOGENÉTICA**

Es un área caracterizada por una agrupación de depósitos minerales de acuerdo al contenido mineralógico y génesis. Una provincia metalogenética puede contener más de un episodio de mineralización.

**PROYECTO MINERO**

En líneas generales los pasos que se siguen comúnmente consisten en: Prospección; Solicitud de petitorio; Exploración; Evaluación técnica del Proyecto; Estudio de Impacto Ambiental; Desarrollo y preparación del Proyecto; Producción o explotación; Procesamiento metalúrgico (Beneficio e hidrometalurgia); fundición/Refinación; comercialización y Cierre o Abandono.

**RASGOS MORFOESTRUCTURALES**

Se refiere a las estructuras externas, forma y disposición de las rocas en relación al desarrollo de los relieves geográficos.

**RECURSO**

Concentración de materiales sólidos, líquidos o gaseosos que ocurren naturalmente en la corteza terrestre en tal forma que la extracción de un producto es considerado factible, ya sea actualmente o en un futuro cercano.

**RECURSOS CONFIRMADOS O MEDIDOS**

Es aquella parte de un Recurso Mineral en la cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en exploración detallada y confiable, información sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas en afloramientos, zanjas, tajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de ley.

**RECURSO MINERAL**

Son todos los materiales provenientes de la naturaleza que sirven al hombre para desarrollar su bienestar. Los recursos minerales se clasifican en metálicos y no metálicos. Entre los metálicos se tiene, el cobre, plomo, oro, platino, mercurio, etc. Entre los no metálicos se tienen los siguientes: caolín, arenas, rocas en general, etc.

**RECURSOS NATURALES**

Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano de su aprovechamiento. Por Ley Orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma. El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales. El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas. El Estado promueve el desarrollo sostenible de la Amazonía con una legislación adecuada.

**RESERVA MINERA**

Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Incluye los factores de dilución y tolerancias por pérdidas que pueden ocurrir cuando se explota el mineral. Considera que se han llevado a cabo evaluaciones apropiadas que podrían incluir estudios de factibilidad e incluyen tomar en cuenta factores mineros, metalúrgicos, económicos, de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. En el momento de la presentación del informe estos cálculos

demuestran que la explotación podría justificarse razonablemente. Las Reservas de Mena se subdividen según un orden de mayor confianza en Reservas Probables y Reservas Probadas.

#### RESERVA PROBABLE

Volumen de mineral que se calcula en base a la información menos exhaustiva que el caso de las reservas probadas. Tanto la geometría como el volumen del mineral han sido inferidos a partir de estudios preliminares.

#### RESERVA PROBADA

Volumen de mineral que se calcula usando como base los resultados obtenidos de los trabajos de muestreo y sondajes. Establece matemáticamente la geometría de la reserva, el volumen y la ley de mineral.

#### SINGENÉTICO

En Depósitos Minerales: Se dice del Mineral del depósito formado contemporáneamente con, y esencialmente por los mismos procesos que las rocas.

En Depósitos Sedimentarios: Dice de una estructura sedimentaria primaria formada contemporáneamente con la deposición del sedimento.

#### SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

De: Geographic Information System. Sistema de software, hardware, datos y aplicaciones que captura, almacena, edita, analiza y representa gráficamente una gran variedad de información geoespacial.

#### SUSTANCIAS NO METÁLICAS

Materiales usados directamente o mediante un tratamiento, en los diferentes procesos industriales.

#### TRAMPA GEOQUÍMICA

Es una valla límite entre dos campos diferentes de diferentes fases.

#### UNIDADES LITOLÓGICAS

Lechos rocosos que se describen en términos de su estructura, color, composición mineral, tamaño de veta y otras características visibles. Las unidades litológicas se utilizan para correlacionar las rocas que se extienden por distancias de miles de metros.

#### VETA

Fisura, falla o rajadura de una roca llena de minerales que migraron hacia arriba, proveniente de alguna fuente profunda. Cuerpo de mineral en forma alargada, limitado por planos irregulares de rocas denominadas "cajas". Generalmente una veta es muy parada o vertical. Cuando la veta aparece tendida o echada en el Perú se le llama "manto".

#### VOLCANISMO

Son todas las manifestaciones internas y externas del movimiento y solidificación de materiales rocosos y fundidos (magma) que se halla en las cámaras magmáticas cerca de la superficie terrestre.

#### YACIMIENTO

Un depósito de minerales sólido y continuo que se distingue de la roca circundante y que puede explotarse con lucro.

#### YACIMIENTO MINERAL

Acumulación de minerales, distintos de la roca encajante, que es lo suficientemente rico en un metal o metales como para que su explotación sea rentable desde un punto de vista económico.

## GLOSARIO DE SIGLAS

<b>DREM</b>	: Dirección Regional de Energía y Minas.
<b>DRME</b>	: Dirección de Recursos Minerales y Energéticos.
<b>GORE</b>	: Gobierno Regional.
<b>IIMP</b>	: Instituto de Ingenieros del Perú.
<b>INGEMMET</b>	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
<b>SGP</b>	: Sociedad Geológica del Perú.
<b>MINAM</b>	: Ministerio del Ambiente.
<b>MINEM</b>	: Ministerio de Energía y Minas.





**SEDE CENTRAL**

Av. Canadá 1470, San Borja

Telf.: 051 1 - 618 9800 Fax: 225 4540

[comunicacion@ingemmet.gob.pe](mailto:comunicacion@ingemmet.gob.pe)

**SEDE MINEM**

Av. Las Artes Sur 220, San Borja

[www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)