



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero  
y Metalúrgico - INGEMMET

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

# INGEMMET

**Revista Institucional**  
Material de divulgación general

Año 5 N° 22 - noviembre 2013

## Cobre en el Perú: hechos y retos

- Hidrogeoquímica, cuenca del río Ilo- Moquegua.
- ¿Quién es la autoridad competente para determinar la existencia de terrenos de uso agrícola?
- Demarcación territorial para uso y fines mineros.
- Riesgo geológico en la región Piura.
- Inclusiones fluidas.

 **PERÚ** PROGRESO  
PARA TODOS



**PRESIDENTA DEL CONSEJO DIRECTIVO**

Susana Vilca Achata

**SECRETARIA GENERAL**

Elizabeth Ramos

**JEFE DE RELACIONES INSTITUCIONALES**

Marden Rojas

**COMITÉ EDITOR**

César Salazar

Jorge Chira

Lionel Fidel

Victor Carlotto

**COORDINACIÓN Y EDICIÓN GENERAL**

Giovanna Alfaro

Estephani Callirgos

**CORRECCIÓN DE ESTILO**

Marita Obregón

**DISEÑO DE CARÁTULA**

Giovanna Alfaro

**DISEÑO DE INTERIORES**

Ana Luis

**FOTOGRAFÍA**

Archivo INGEMMET

**COLABORADORES**

Alberto Bustamante

Bilberto Zavala

Diana Camayo

Fluquer Peña

Griselda Luque

Harmuth Acosta

Jorge Acosta

Lourdes Cacya

Luis Mamani

Luz Tejada

Malena Rosado

Manuel Vílchez

Miguel Cardozo

Milagros Cuéllar

Pedro Navarro

Sheyla Palomino

Wai Long Ng

## contenido

### 3 Editorial

- Foro Internacional de Peligros Geológicos. Conclusiones y recomendaciones.

### 5 Geociencias

- Cobre en el Perú: Hechos y retos.
- Hidrogeoquímica: Cuenca del río Ilo - Moquegua.
- Zonas propensas a peligros geológicos en el Colca.
- ¿Fue un feto de dinosaurio el hallazgo de Arequipa?

### 40 Catastro y Minería

- Para determinar la existencia de terrenos de uso agrícola ¿quién es la autoridad competente?
- Demarcación territorial.

### 45 Generando capacidades

- Foro Internacional Peligros Geológicos 2013.
- ¿Sabías que el Perú cuenta con una riqueza paleontológica excepcional?

### 48 INGEMMET difunde

- INGEMMET participa en la XIX Asamblea General de ASGMI en Argentina.
- Ingemmet participa en el Rural Tour Huayllay 2013.
- Ingemmet presente en Perumin 31° Convención Minera

### 52 Novedades

- Riesgo geológico en la región Piura.
- Las inclusiones fluidas.

## contacto

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

**Av. Canadá 1470 - San Borja**  
**Telf.: 618-9807**

**Marden Rojas**  
[mrojasg@ingemmet.gob.pe](mailto:mrojasg@ingemmet.gob.pe)

**Estephani Callirgos**  
[ecallirgos@ingemmet.gob.pe](mailto:ecallirgos@ingemmet.gob.pe)



FORO  
INTERNACIONAL

# PELIGROS GEOLÓGICOS

## Conclusiones y recomendaciones generales

El Foro Internacional de Peligros Geológicos organizado por el INGEMMET se convirtió por tres días en un espacio de discusión que congregó a más de 600 participantes en la ciudad de Arequipa, reunidos con el objetivo común de adquirir conocimientos sobre los diversos procesos de la gestión de riesgos de desastres, especialmente ligados a la reducción de los riesgos geológicos.

Este Foro se ha convertido en uno de los pocos espacios donde se puede tener una conjunción de los diversos actores que trabajan en la reducción de los riesgos geológicos, figura poco frecuente en Latinoamérica e Iberoamérica, donde estos eventos siempre son muy especializados y están enfocados a un público bastante restringido.

Las principales recomendaciones y conclusiones de este evento están relacionadas a la gestión de riesgo, la cual debe ser transversal a los distintos procesos así como la incorporación de los mapas de peligros geológicos, de planificación urbana, diseño de proyectos de desarrollo en los proyectos de desarrollo, a fin de que estos sean sostenibles y no generen nuevos riesgos. Asimismo, nuestra sociedad requiere y debe conocer a los que está expuesta; así como su impacto en la economía, efecto en el medio ambiente y la salud de las personas. Para ello es imprescindible una intensa y efectiva comunicación de la información.

Respecto a los mapas de peligros/amenazas geológicas, insumo fundamental para la evaluación y reducción de riesgos:

- © La evaluación de la amenaza/peligro es técnica y la hacen los geocientíficos en base a datos científicos disponibles y de ninguna manera se compromete, o se llega a un acuerdo por influencia de presión política o económica.

- ⊙ Para una correcta evaluación de los peligros/amenazas es necesario un alto conocimiento geológico, geofísico y de los reportes históricos.
- ⊙ Establecer una comunicación adecuada con los usuarios (autoridades, planificadores o población) desde el inicio de la elaboración del mapa de peligros/amenazas. Servirá para identificar a los usuarios prioritarios, tener un acercamiento con ellos y como un mecanismo de apropiación del mapa, para tener un aval de las instituciones oficiales y evitar potenciales problemas legales.
- ⊙ Una vez publicado el mapa de peligros/amenazas, se debe continuar en el proceso de socialización, comunicación y difusión del mismo, a través de talleres, charlas. Durante este proceso se deben explicar o intentar responder a las preguntas como ¿qué es un mapa?, ¿qué representa?, ¿para qué sirve? y ¿qué limitaciones posee?
- ⊙ Los mapas de peligros/amenazas, deben ser simples, adecuados para ser comprendidos por planificadores y tomadores de decisiones, usuarios que normalmente no tienen formación geocientífica.

Respecto a los Sistemas de Alerta Temprana, frente a erupciones volcánicas, tsunamis y procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, flujos de lodo, entre otros), se recomienda que deban ser siempre integrales.

Al Norte de Chile y Sur del Perú, se extiende la Zona Volcánica de los Andes Centrales (ZVC), por lo que se sugiere se **implemente una red de monitoreo**

**conjunto** de esta cadena volcánica, la cual deberá estar a cargo del Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI) y del Observatorio de los Andes Centrales (OVDAS) del Servicio de Geología y Minería de Chile (SERNAGEOMIN).

Los integrantes de la Asociación Latinoamericana de Volcanología (ALVO), que participaron del Foro, acordaron el establecimiento de metodologías para la elaboración de mapas de peligros volcánicos. Se proyecta organizar una reunión en México en donde participarían científicos que trabajan en la construcción de mapas de peligros provenientes de todos los países de Latinoamérica.

El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), es una institución nueva creada en marzo del 2013, por lo que se acordó su fortalecimiento, a través de convenios de cooperación con diversas instituciones que han estado representados en el Foro, tales como: el Servicio Geológico de EE.UU (USGS), la Asociación Latinoamericana de Volcanología (ALVO), el Instituto de Volcanología de la UNAM-México, el Observatorio Vulcanológico de los Andes Centrales (OVDAS) del Servicio de Geología y Minería de Chile (SERNAGEMIN), la Universidad de Río Negro de Argentina, el Servicio Geológico y Minero de Argentina (SEGEMAR), entre otros.

Finalmente, los participantes del Foro Internacional de Peligros Geológicos, mostraron su deseo de que este evento se realice de manera periódica en el Perú, que mantenga sus objetivos primigenios y se realicen mayores esfuerzos a fin de contar con una mayor y mejor convocatoria, especialmente entre los países de Latinoamérica e Iberoamérica.

**Ing. Susana Vilca Achata**  
PRESIDENTA CONSEJO DIRECTIVO INGEMMET

# COBRE EN EL PERÚ: HECHOS Y RETOS

Jorge Acosta<sup>1</sup>, Alberto Bustamante<sup>2</sup> & Miguel Cardozo<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>INGEMMET. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos.  
<sup>2</sup>EXPLOANDES SAC. <sup>3</sup>ALTURAS MINERALS

**¿Sabías que en el año 2012 la producción de cobre en el Perú fue de 1.3 millones de toneladas (Mt), ocupando el tercer lugar en el mundo, y que a fines del año 2019 alcanzaría los 5 Mt?**

**¿Dónde se encuentran las zonas con mayor potencial de cobre en nuestro país? El presente artículo responde a esta inquietud, además hace un recuento histórico y expone los retos a enfrentar para incrementar la producción del cobre.**

El Perú aparece en las estadísticas mundiales de productores de cobre a partir de la mitad del siglo pasado, con el inicio de operaciones en la mina Cerro de Pasco (1950) y del pórfido Toquepala en el sur del país (1960). Desde entonces, la producción del país ha venido en aumento desde que entraron en actividad los pórfidos de cobre de Cuajone y Cerro Verde en los 70, los skarn de Tintaya en los 80 y Antamina en el 2000.

Hasta fines de los años 70, el mayor productor de cobre a nivel mundial fue Estados Unidos que alcanzó una producción promedio de 1.6 Mt; luego fue desplazado por Chile en 1982, que mantiene hasta ahora una producción creciente y ya ha superado los 5 Mt de cobre fino por año, su nivel es cuatro veces

mayor que sus más cercanos competidores: China, Perú y Estados Unidos.

Desde los años 60, la producción de cobre en el Perú ha venido creciendo de forma continua a una tasa promedio anual de 9 %, desde 200 mil toneladas (t) en la década del 60 hasta 1.3 Mt en el 2012, para llegar a superar a un declinante Estados Unidos recién en el 2006 y ocupar con ello el segundo lugar en el ranking mundial. En los años 2011 y 2012 China desplazó al Perú para ocupar el segundo lugar entre los productores mundiales de cobre.

Es de destacar que la producción de cobre a nivel mundial entre 1950 y el 2012 ha aumentado de forma constante, de 2.5 a 17.1 Mt de cobre fino, a

un ritmo de crecimiento de 3.2 % en promedio anual.

### PRODUCCIÓN MINERA EN EL PERÚ, FUTUROS PRODUCTORES Y PROYECTOS MINEROS EN EXPLORACIÓN

La producción de cobre en Perú del año 2012 fue de 1.3 Mt y está distribuida en 14 operaciones mineras. Los mayores productores están en el suroeste del país: Cerro Verde, Toquepala y Cuajone que representan el 45 % de la producción nacional. Destaca también la producción del centro del país que alcanza el 36 % de la producción nacional gracias a Antamina, que con 463 000 t de cobre fino es el mayor productor nacional. El segundo productor es Cerro Verde con 279 000 t, seguido de

Cuajone con 162 000 t y Toquepala con 149 000 t de cobre fino anuales (figura 1). Otra parte de la producción viene de Tintaya y Antapaccay en el Cusco que han reportado 47 000 t y 5 000 t de cobre fino, respectivamente, el 2012. Siguen en la lista, Cerro Corona en Cajamarca con 38 000 t y Cerro Lindo en Ica con 34 000 t de cobre fino.

Los futuros productores de cobre en el Perú están representados por 18 proyectos mineros que se encuentran con EIA aprobado y en exploración avanzada. En la figura 1 se puede distinguir que para el año 2019, las minas que producirán más de 300 000 t/año serán La Granja, El Galeno y Las Bambas. Mientras que las minas que producirán más de 150 000 t/año serán Toromocho, Quellaveco, Río Blanco, Haquira, Michiquillay y Antapaccay.

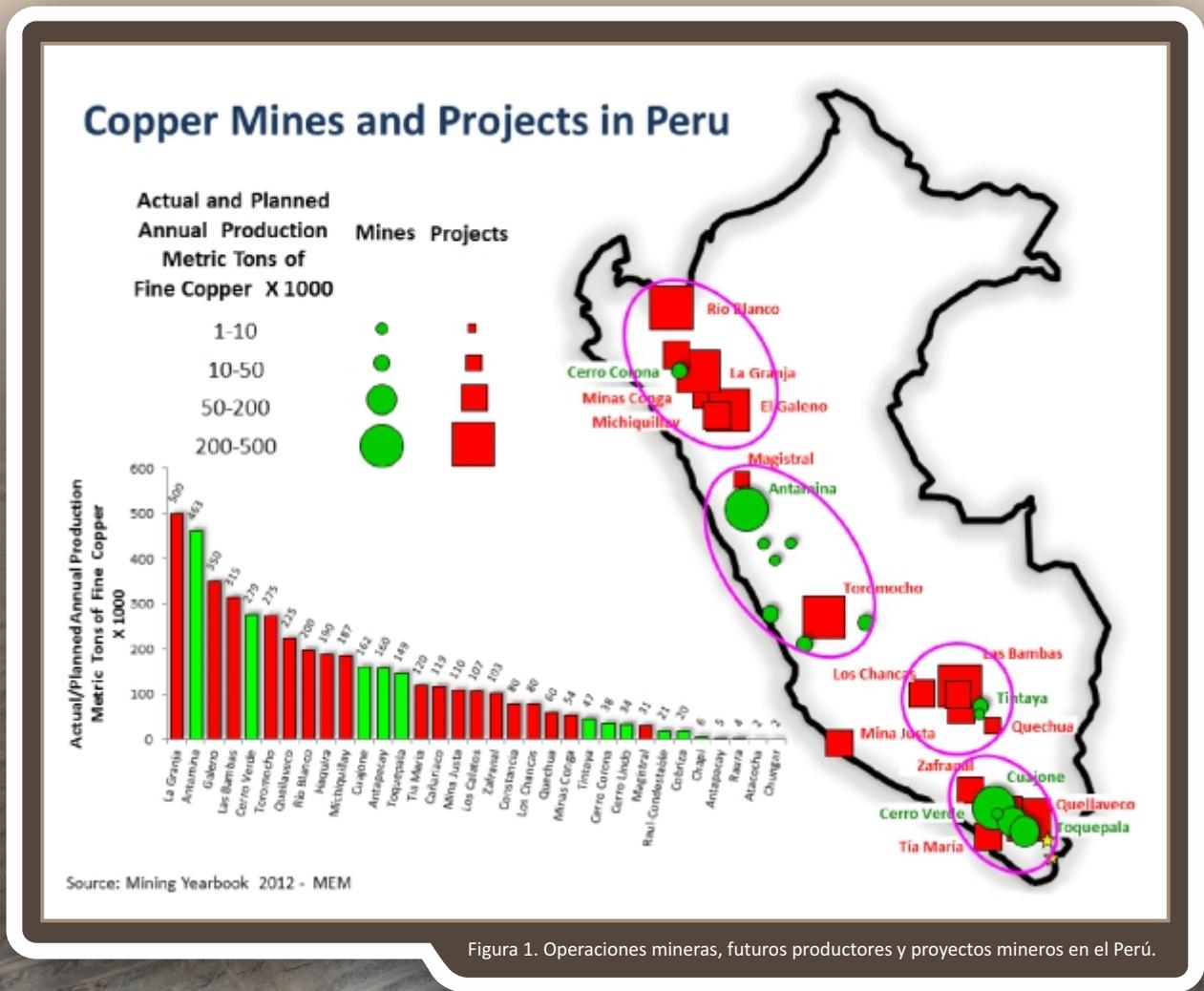


Figura 1. Operaciones mineras, futuros productores y proyectos mineros en el Perú.

Además de las minas y proyectos en desarrollo, hay 34 proyectos de exploración que hemos destacado en este mapa y cuyos avances deben sustentar el crecimiento futuro de la producción de cobre en el Perú. Los proyectos que destacan son La Arena, Corocochuayco, Trapiche y Tambogrande, los cuales se encuentran en exploración avanzada y reportan reservas y recursos mayores a 1 Mt de cobre.

Para el año 2019, cuando todos los proyectos en desarrollo alcancen sus niveles planificados de producción, la mayor cantidad de cobre vendrá del norte del Perú (ver figura 1) y alcanzará 1.8 Mt/año; otra parte, 1.2 Mt/año, vendrá del suroeste donde actualmente se encuentra el grueso de la producción nacional, el sureste producirá 900 000 t/año y el centro del país cerca de 800 000 t/año de cobre.

### PRODUCCIÓN DE COBRE Y PRONÓSTICOS AL 2025

Esta producción de cobre está sustentada con el inicio de producción para el año 2014 de Toromocho, Las Bambas y Quechua, los cuales aportarán en conjunto una producción de 650 000 t.

Para el año 2015 Tía María, Mina Justa y Constancia producirán en conjunto 310 000 t. El año 2016 El Galeno, Magistral y Quellaveco aportarán 606 000 t. Es así, que para el año 2016 el Perú produciría más de 3.4 Mt de cobre (figura 2).

En efecto, entre el 2017 y 2018 el inicio de producción de La Granja, Minas Conga, Los Chancas y Los Calatos incrementaría la producción de cobre en 841 000 t, alcanzando la producción nacional 4.2 Mt de cobre fino a fines del 2018, triplicando la producción actual.

Los últimos proyectos que entrarán en producción el 2019 serán Río Blanco, Cañariaco, Michiquillay, Haqira y Zafranal, cuya producción en conjunto sumará 800 000 t. A finales de ese año el Perú alcanzaría los 4.9 Mt de cobre en la producción nacional, la cual se mantendría más allá del 2025.

La producción de cobre proviene de tres franjas metalogénicas, de las cuales la franja del Mioceno será de donde vendrá la mayor producción, seguida por las del Paleoceno y Eoceno-Oligoceno, respectivamente.

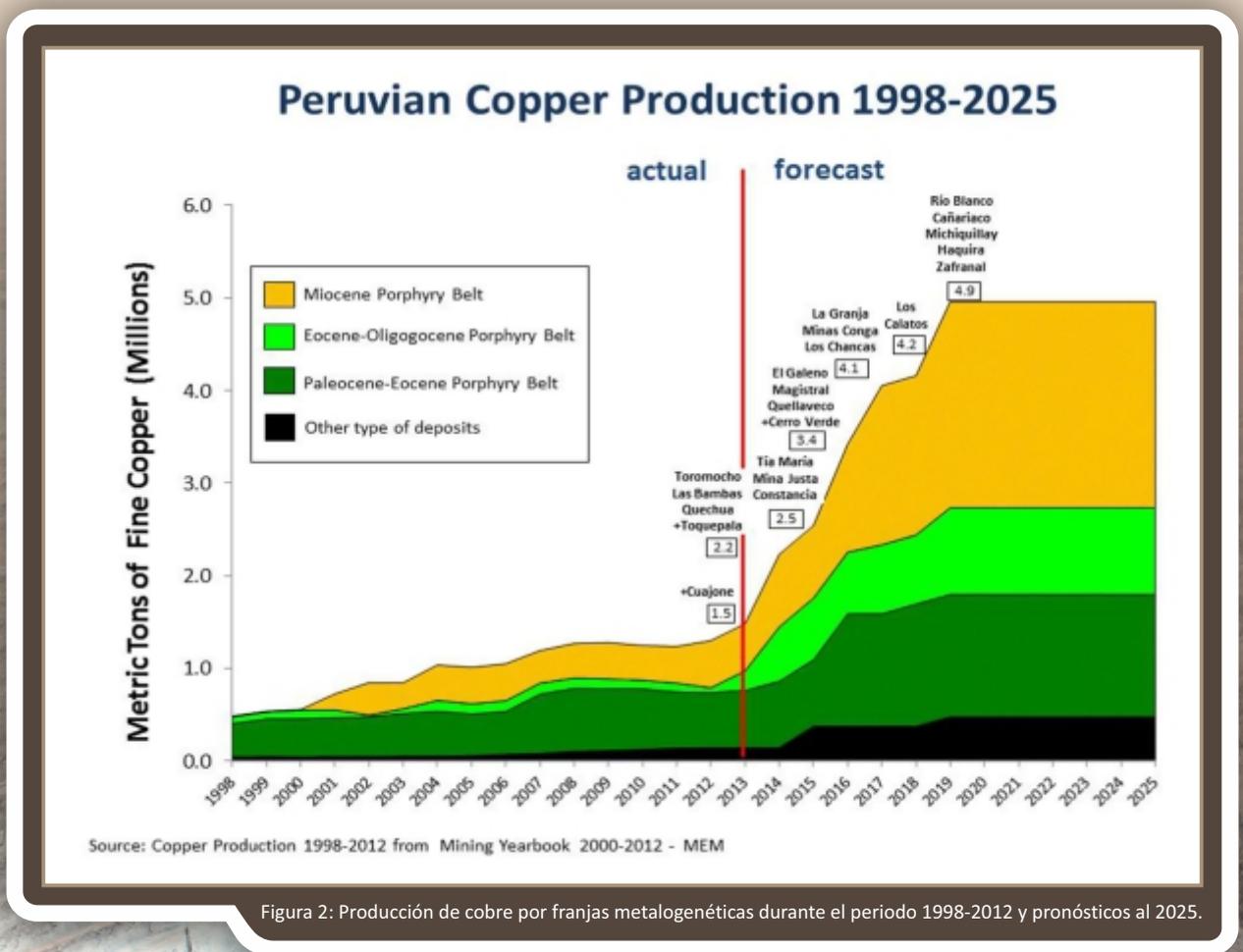


Figura 2: Producción de cobre por franjas metalogénicas durante el periodo 1998-2012 y pronósticos al 2025.

## PRODUCCIÓN HISTÓRICA DE LAS FRANJAS METALOGENÉTICAS DE COBRE EN EL PERÚ

La producción histórica de cobre en el Perú, acumulada desde 1900 al 2012, ha sido de 28 Mt de cobre fino, donde el 82 % ha proveniendo de tres franjas metalogenéticas.

La franja de mayor producción histórica es la del Paleoceno, se encuentra en el sur del Perú y tiene una longitud de 288 km; esta franja ha producido 16 Mt de cobre que ha venido de las minas de Toquepala,

Cuajone, Cerro Verde y Chapi. La segunda franja de mayor producción es la del Mioceno; se extiende a lo largo de la cordillera Occidental con una longitud de 1280 km, y ha producido 5 Mt de cobre que ha proveniendo de Antamina. La franja del Eoceno-Oligoceno tiene una longitud de 743 km y se encuentra ubicada al sureste del Perú, en esta franja se encuentra la mina Tintaya que ha producido más de 2 Mt (figura 3).

Otras franjas de cobre, donde se encuentran las minas Cobriza, Cerro Lindo y Raul Condestable, han producido 2 Mt.

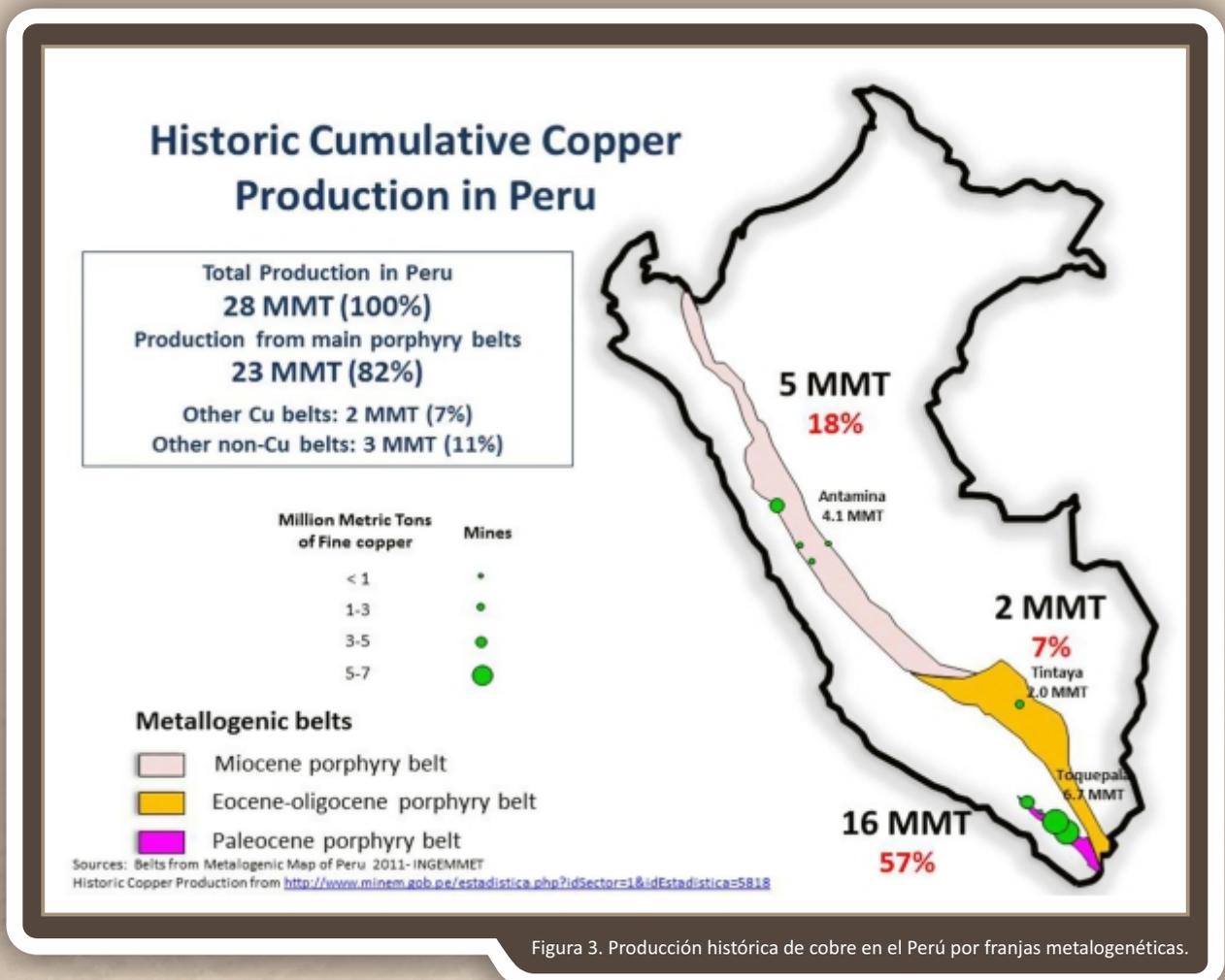


Figura 3. Producción histórica de cobre en el Perú por franjas metalogenéticas.

## RESERVAS Y RECURSOS DE COBRE EN EL PERÚ

Las reservas y recursos de cobre reportadas en el Perú ascienden a 218 Mt, de las cuales 192 Mt están distribuidas en las franjas del Paleoceno, Eoceno-Oligoceno y Mioceno. El cobre que se encuentra en las principales franjas representa el 88 % a nivel nacional y está distribuido en el Paleoceno con 63 Mt, en el Eoceno-Oligoceno con 44 Mt y en el Mioceno con 85 Mt (figura 4).

En cuanto a las reservas y recursos distribuidos en las principales operaciones y proyectos mineros con más de 1 Mt de cobre fino se puede distinguir que los depósitos con recursos mayores a 14 Mt corresponden a Antamina, La Granja, Cuajone, Toquepala y Cerro Verde. Mientras que los mayores a 5 Mt son Río Blanco, Toromocho, Las Bambas, Quellaveco, Antapaccay, El Galeno y Haquira (figura 5).

## Copper Resources and Reserves in the Main Porphyry Belts in Peru

Total reported resources in Peru  
**218 MMT (100%)**  
 Resources from porphyry belts  
**192 MMT (88%)**  
 Other Cu belts: 11 MMT (5%)  
 Other non-Cu belts: 15 MMT (7%)

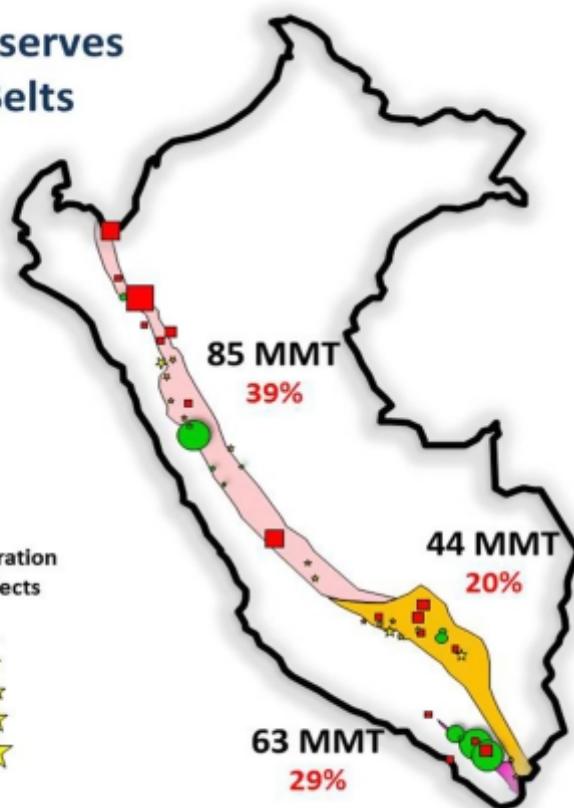
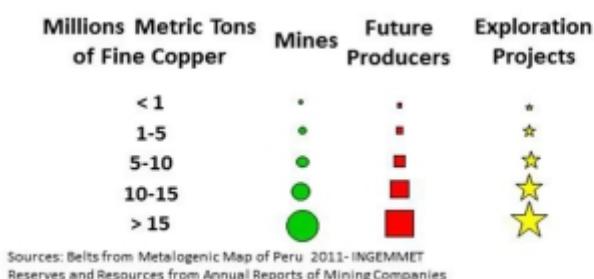


Figura 4. Distribución de las reservas y recursos de cobre en el Perú.

### RETOS Y DESAFÍOS

Es importante considerar a corto plazo la búsqueda de un contexto que garantice la puesta en marcha de los futuros productores de cobre. A largo plazo será necesario aumentar la inversión en exploración minera que permita la ampliación de reservas y recursos, así como el descubrimiento de nuevos yacimientos.

Para este año 2013, se pronostica una caída de la inversión mundial de no menos de 40 %, la última caída en el mundo fue del 42 % en 2009, mientras que en Perú fue de solo el 18 % ya que las grandes empresas mineras mantuvieron sus programas de perforación. Sin embargo, no sucedió lo mismo con las empresas mineras junior, las cuales redujeron sus programas.

Este año se espera que la inversión en exploración minera en Perú probablemente siga la tendencia internacional. Seguirán los recortes de exploración y retrasos significativos en permisos de medio ambiente, los cuales afectarán a todas las empresas.

La promoción de la exploración minera es esencial para aumentar la producción metálica y recursos a largo plazo, la cual debe ir acompañada con incentivos tanto financieros como técnicos.

Es de vital importancia encontrar la solución a los problemas sociales.

El Ingemmet ofrece mapas geológicos a escala regional 1:100 000 y 1:50 000 de la totalidad del país, y la mayor parte del territorio está cubierta por resultados geoquímicos de muestras de sedimentos de quebrada. Sin embargo, los estudios geofísicos regionales son insuficientes, por lo que será importante continuar con los levantamientos aeromagnéticos y radiométricos en el Perú.

Además, el Ingemmet debe continuar con los estudios metalogenéticos, ampliando la base de datos de edades radiométricas, investigando la relación de los arcos magmáticos con los sistemas de mineralización y las fuentes de mineralización a partir de los estudios isotópicos.

## Main Copper Resources and Reserves in Peru (> 1 Million MT)

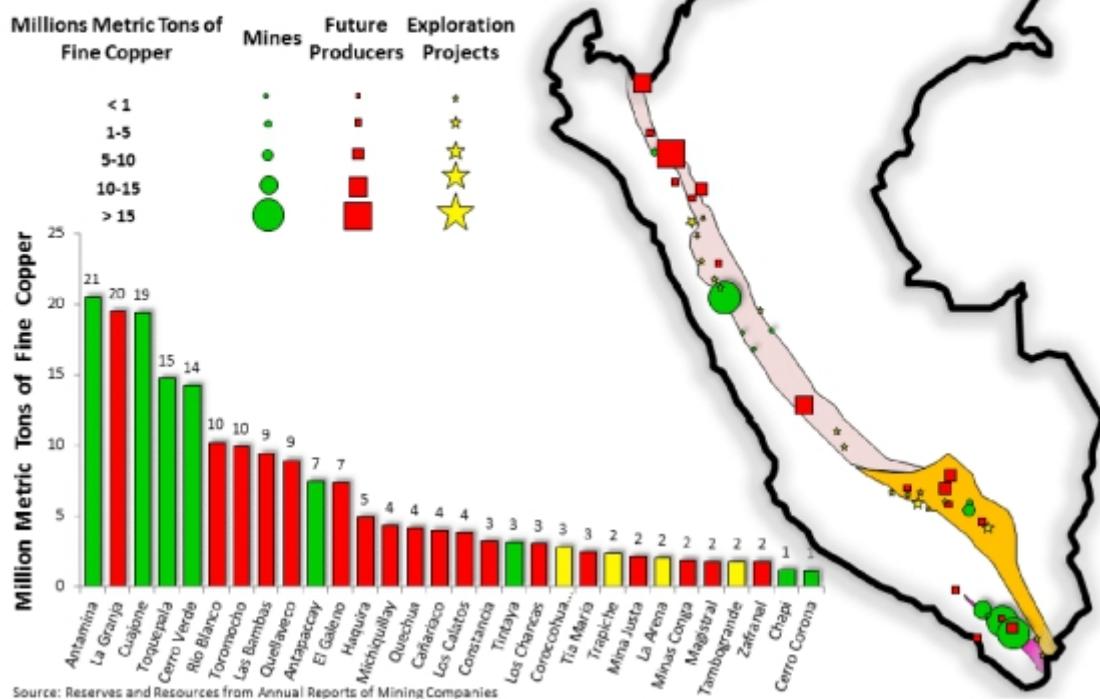


Figura 5. Minas y proyectos mineros con reservas y recursos mayores a 1 Mt de cobre.

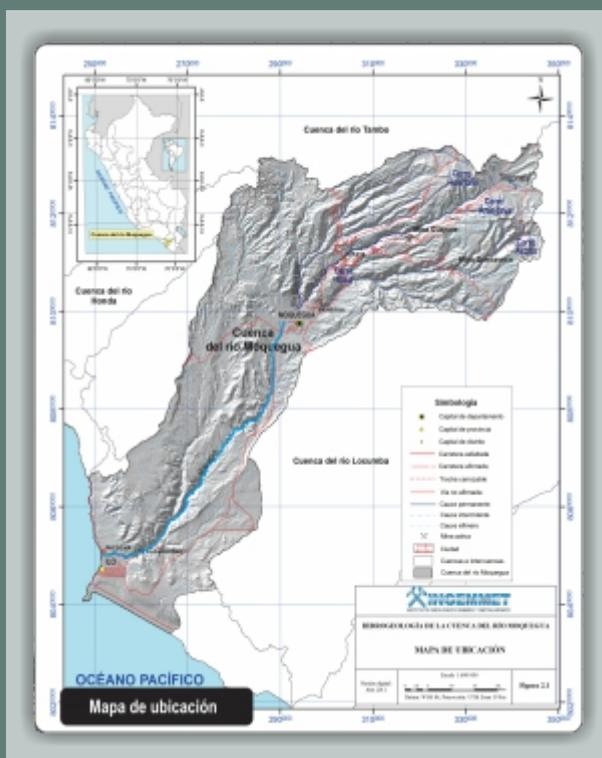
# ¿QUÉ CONTIENE EL AGUA SUBTERRÁNEA?

# HIDROGEOQUÍMICA: CUENCA DEL RÍO ILO-MOQUEGUA

Wai Long Ng, Fluquer Peña & Harmuth Acosta

*Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
wng@ingemmet.gob.pe , fpena@ingemmet.gob.pe & hacosta@ingemmet.gob.pe*

El agua subterránea es un disolvente universal, cuando infiltra en el subsuelo y circula en profundidad va adquiriendo la composición química de las rocas y suelos que atraviesa; por lo tanto, llega a superficie con una determinada marca química. Para conocer los ambientes de circulación del agua subterránea, las litologías atravesadas y sus características hidrogeoquímicas, se realiza un muestreo de aguas subterráneas con la finalidad de analizar e interpretar. Los resultados de los estudios en la cuenca del río Ilo-Moquegua, se muestran en el presente artículo.



La cuenca del río Ilo-Moquegua se encuentra ubicada en el sur del Perú abarcando parte de las provincias de Mariscal Nieto e Ilo de la región Moquegua. La superficie total es de aproximadamente 3792 km<sup>2</sup>. El río Moquegua es el colector principal de las aguas de la cuenca y se forma por las confluencias de los ríos Huaracane y Torata, cuyas nacientes se encuentran en la cordillera Occidental, a manera de tributarios y quebradas menores, formando un sistema de drenaje de tipo subparalela en la parte superior. En cambio, en la parte media e inferior de la cuenca los tributarios adquieren un tipo de drenaje dendrítico.

La cuenca adquirió un relieve variado, producto de una compleja actividad tectónica y volcánica que hasta la actualidad están activos. Los ríos erosionan el material existente formando quebradas profundas, dejan en la parte alta de la cuenca una pequeña altiplanicie denominada Titijones, que presenta una superficie de baja pendiente que contiene material poroso, ideal como zona de infiltración y recarga de acuíferos.

## Características geomorfológicas

La cuenca del río Ilo-Moquegua se encuentra ubicada en el sur del Perú, políticamente abarca parte de las provincias de Mariscal Nieto e Ilo, de la Región Moquegua.

El colector principal de la cuenca es el río Moquegua, formado por las confluencias de los ríos Huaracane y Torata, de dirección noreste a suroeste cuyos tributarios y quebradas menores tienen un sistema de drenaje de tipo subparalela en la parte superior, y dendrítico en la parte media e inferior.

Bordeando el flanco andino se encuentran, las **estribaciones andinas occidentales**, de aspecto árido, con quebradas secas, anchas y alargadas producto de la erosión.

Las **laderas escarpadas** (al borde del río Ilo) forman una pared de abrupta pendiente y difícil acceso.

En los alrededores de Ilo, se ubica la **faja litoral**, paralela a la línea de costa, de baja pendiente. Es evidente la presencia de un acuífero costero.

El **flanco andino occidental**, es una franja compuesta por derrames volcánicos de dirección noroeste a sureste, con esporádica presencia de manantiales (de bajo caudal).

**Altiplanicie**, en la parte alta se encuentra una pequeña zona plana (Titijones), caracterizada por zonas de baja pendiente y con evidencias de formar zonas de infiltración y recarga de acuíferos. En este sector se extrae aguas subterránea mediante pozos y sondeos profundos.

En las zonas más altas encontramos la **Cordillera Occidental** (cerros Huertalla, Arundaya, Asana y otros), a manera de pequeños conos volcánicos y elevaciones que constituyen las zonas de alimentación y recarga de acuíferos volcánicos, con evidencias de surgencia natural a través de manantiales.

Las **estribaciones andinas occidentales**, se caracterizan por tener una topografía agreste formada de materiales impermeables.

Hacia la parte baja de la cuenca, se observa: la **pampa costanera**, de baja pendiente y disectada por numerosas quebradas y rocas impermeables.

La **Cordillera de la Costa**, tiene un relieve moderado de rocas duras e impermeables.

La cuenca tiene un relieve variado, producto de una compleja actividad tectónica, con depósitos de materiales volcánicos erosionados por los diferentes cursos de agua.

Desde Moquegua hasta Ilo a lo largo del río Moquegua e Ilo, se observan dos importantes valles, donde la presencia de aguas subterránea se manifiesta por la presencia de 168 pozos de captación, el mismo que contribuye con el desarrollo de una intensa actividad agrícola de los valles.

Mapa Geomorfológico

## GEOLOGÍA

La historia geológica para este sector del territorio peruano es muy amplia, se inicia en el Proterozoico (hace más de 1800 millones de años en promedio) y se extiende hasta la actualidad, pero para la descripción de la geología contamos con una característica muy importante que consiste en su distribución según el tiempo geológico; esto significa que las rocas están distribuidas desde las más antiguas ubicadas en la costa, hasta las más jóvenes ubicadas en lo alto de la cordillera Occidental.



## el dato

La cordillera Occidental se creó aproximadamente hace 83 Ma, a consecuencia de un cambio en el régimen tectónico que transformó las fallas distensivas en fallas compresivas del sistema de fallas Cincha-Lluta-Incapuquio de dirección NO-SE.

## Características geológicas

**5** A partir del Mioceno hasta el Plioceno, o sea desde 23 a un millón de años; se producen numerosos eventos volcánicos representados por la Formación Huayllillas, comprendido principalmente por ignimbritas; y el Grupo Barroso que corona la cordillera con depósitos de andesitas e ignimbritas. (Mioceno 23 a 1 millón de años)

**4** El Grupo Moquegua contiene rocas sedimentarias que se depositaron en ambientes de ríos y lagos, en una cuenca que está limitada hacia el noreste por el sistema de fallas Cincha-Lluta-Incapuquio que a la vez limita el borde oeste de la Cordillera Occidental.

**3** Los depósitos del Grupo Toquepala aporta a la región importantes volúmenes de rocas volcánicas andesíticas, piroclásticas e intrusivas cuyo proceso de emplazamiento duró aproximadamente desde 75 a 55 millones de años, con los eventos magmáticos denominados Super Unidad Incahuasi, Tiabaya y Yarabamba. (Cretácico superior y Paleoceno)

**2** La ocurrencia de un evento magmático en la Cordillera de la Costa aporta mucho material volcánico andesítico (Formación Chocolate) e igneo (Super Unidad Punta Coles) (Jurásico 200 y 145 millones de años)

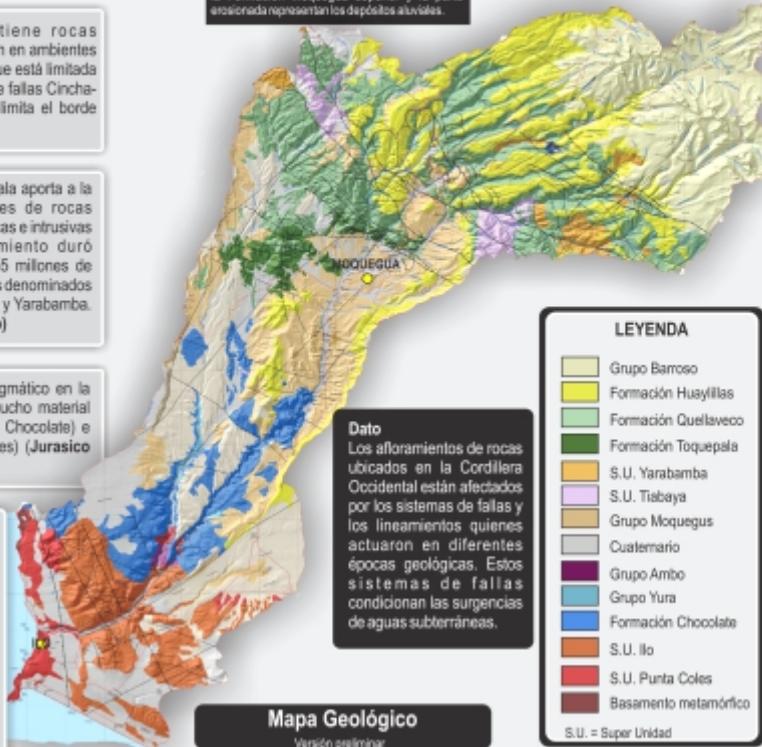
**1** En la costa y Cordillera de la Costa se encuentran los gneis denominados Basamento Metamórfico de Arequipa como la litología más antigua de edad Proterozoico (más de 1800 millones de años en promedio); seguido a esta roca hay un pequeño afloramiento de rocas sedimentarias correspondientes al Grupo Ambo. (Carbonífero, 358 a 298 millones de años).



Rocas sedimentarias del Grupo Moquegua en el cerro Baul, a 11 km aprox. al noreste de Moquegua. La parte más alta corresponde a conglomerados de la Formación Moquegua superior y la parte erosionada representan los depósitos aluviales.



Rocas volcánicas altamente fracturadas del Grupo Barroso en la parte alta de la cuenca, alrededores del sector de Tilijones.



**Dato**  
Los afloramientos de rocas ubicados en la Cordillera Occidental están afectados por los sistemas de fallas y los lineamientos quienes actuaron en diferentes épocas geológicas. Estos sistemas de fallas condicionan las surgencias de aguas subterráneas.

Los más recientes estudios estructurales en el sur del territorio nacional lo realizaron Acosta et al. (2012), quienes mencionan que existen sistemas de fallas que tuvieron actividad durante varias épocas geológicas. Mencionan que el sistema de fallas Cincha-Lluta-Incapuquio es de dirección NO-SE y en el área de estudio está representado por las fallas Incapuquio, Micalaco y Quellaveco. Otro sistema de fallas corresponde a los de dirección NE-SO, representado por las fallas Sargento, Principal, Chololo, entre otros, además de lineamientos. La mayor densidad de estos se aprecia desde la parte media hacia el noreste de la cuenca, y en algunos casos con presencia de fracturas que condicionan la surgencia del agua subterránea.



## el dato

Las rocas y la influencia de microorganismos son los que otorgan la composición química de las aguas subterráneas. La interacción química entre la roca y el agua depende del tiempo de permanencia y contacto del agua en el subsuelo, el tipo de porosidad de la roca (primaria o secundaria), los minerales que constituyen la roca, las condiciones y procesos físico-químicos, entre otros.

## HIDROGEOQUÍMICA

De las 121 fuentes de aguas subterráneas inventariadas, 33 cuentan con muestreo y análisis químico. 25 de los análisis químicos corresponden a manantiales, 05 a pozos y 03 a puntos de control. Las muestras de aguas se han seleccionado considerando la geología y principales fuentes de agua (figura 3). El muestreo se ha desarrollado de acuerdo a los protocolos establecidos, tomándose muestras de la misma surgencia en manantiales (foto 1) y de la boca de pozos (foto 2).

Los análisis químicos realizados a estas aguas develan sus características hidroquímicas; se han obtenido las concentraciones de componentes iónicos mayoritarios, minoritarios y traza, como cationes, aniones y metales disueltos.

Para la interpretación de resultados químicos, se usaron tres diagramas hidroquímicos: Diagrama de Piper, Scatter (ambos en las figuras 1 y 2); y Stiff (dentro del mapa hidroquímico, figura 3).



### el dato

**El diagrama de Piper** es una figura que se forma con dos triángulos equiláteros a la base y un rombo central. En los triángulos se representan las concentraciones en porcentaje de cationes y aniones. Estos datos se proyectan en el rombo central, dando a conocer el tipo de agua, además de poder relacionar con los resultados químicos de otras muestras de agua.

**El diagrama de Stiff** se forma con la unión de puntos de concentraciones de cationes y aniones, formando un polígono irregular. El trazado de la línea vertical representa el valor cero del contenido de cationes y aniones representado en meq/l (miliequivalentes/litro).

**El diagrama de Scatter** representa la dispersión de los contenidos de cloruro + sulfato versus sodio + potasio, interpretándose el recorrido de las aguas subterráneas, ya sea de flujo local, intermedio o regional. Para la interpretación en este diagrama se consideran las condiciones geológicas del entorno de la fuente de agua.



Foto 1. Manantial Surapatilla Grande (104705-001). Surgencia en rocas volcánicas del Barroso.



Foto 2. Pozo IRHS-001-ILO ubicado en el acuífero poroso no consolidado del valle de Ilo.

## RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Las aguas subterráneas en la cuenca proceden de áreas con características geológicas diferentes, la más importante se ubica en la cordillera Occidental, al NE de la zona de estudio; principalmente acuíferos volcánicos fisurados y volcánico-sedimentarios que corresponden al Grupo Barroso, alimentados por recarga netamente de precipitaciones pluviales. En cambio, los acuíferos ubicados en el piso de valle corresponden a acuíferos porosos no consolidados que tienen como principal fuente de recarga a los ríos Moquegua e Ilo, y en menor medida las aguas usadas para riego.

En las 33 muestras analizadas se tiene un predominio común de tres facies hidroquímicas: las bicarbonatadas cálcicas, las sulfatadas cálcicas y las sulfatadas sódicas. Para tener mayores detalles de la composición química se han separado los resultados en dos categorías de análisis: Una para fuentes que proviene de manantiales y puntos de control (figura 1) y otra para pozos ubicados en los acuíferos porosos no consolidados (figura 2).

En el primer grupo (figura 1), se observan tres facies predominantes: las aguas bicarbonatadas cálcicas (19 fuentes), sulfatadas cálcicas (7 fuentes) y sulfatadas sódicas (2 fuentes).

1. Las fuentes de predominancia bicarbonatada cálcica ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ) representan surgencias de agua subterránea muy jóvenes y corresponden a sistemas de flujo locales de muy corto recorrido, los bicarbonatos están relacionados a la reacción del  $\text{CO}_2$ , provenientes de los poros del suelo, que presentan una elevada concentración adquirida en los primeros metros de la infiltración (zona no saturada). La predominancia del catión calcio con aportes de sodio y ligeras cantidades de Mg tienen origen en las plagioclasas intermedias, y en menor grado de biotitas, hornblendas y/o augitas presentes en las rocas

volcánicas andesíticas de la parte alta de la cuenca. Dentro de este mismo grupo, en algunas fuentes existen ligeros incrementos del anión sulfato (figuras 1 y 3) lo que indica que estas surgencias son también locales, pero de mayor recorrido y tiempo de permanencia en el acuífero.

2. Siete muestras obtenidas en manantiales corresponden a aguas de facies sulfatada cálcica ( $\text{SO}_4\text{-Ca}$ ), las mismas que tienen ligeras variaciones a facies sulfatadas-bicarbonatadas y sulfatadas-cloruradas, con contenidos mayoritarios de calcio. Estos grupos corresponden a surgencias relacionadas a sistemas de flujos locales de considerable recorrido, siendo aún aguas jóvenes, con una corta maduración química, la cual se puede corroborar con el diagrama de Scatter (figura 1). El manantial Pacae ubicado en el piso de valle de Moquegua, tiene predominancia sulfatada cálcica y se encuentra relacionado al contacto con sedimentos de ambiente lacustre del Grupo Moquegua; este piso de valle tiene una intensa actividad agrícola, por lo que recibe aguas cargadas de fertilizantes y plaguicidas. Según el diagrama Scatter (figura 1), el manantial Pacae tiene flujo intermedio, esto se debe a sus valores elevados de Cl y  $\text{SO}_4$ , que podría no ser del todo real por la influencia de las aguas de riego con fertilizantes y plaguicidas.
3. Las aguas de tipo sulfatadas sódicas ( $\text{SO}_4\text{-Na}$ ) pertenecen a dos fuentes, al manantial Santos y a la fuente de agua potable de Arundaya, ambos ubicados en la cordillera Occidental al noreste de la mina Cuajone, las mismas que contienen elementos iónicos cargados por el contacto de las aguas con la disolución de rocas volcánicas. Estas muestras tienen la predominancia sulfatada, pero a la vez un gran incremento en sodio que proviene de la meteorización de silicatos.

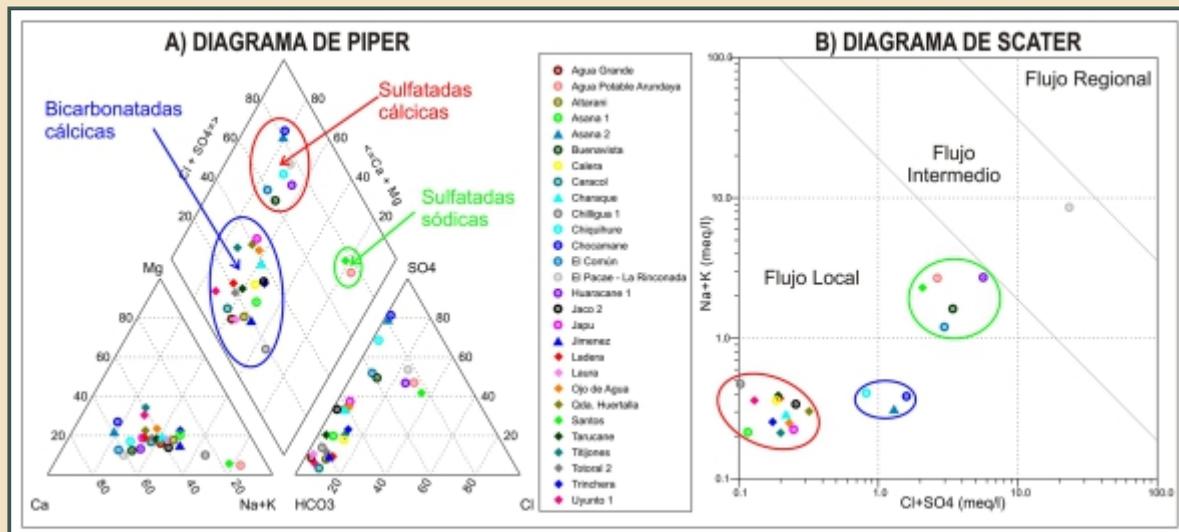


Figura 1: A) Diagrama de Piper y B) Diagrama de Scatter de manantiales y puntos de control.

Haciendo un análisis adicional de su composición, distribución, recorrido, tiempo de permanencia y sistema de flujo al que están asociados las fuentes, según el diagrama de Scatter (figura 1B), de izquierda a derecha se diferencian tres grupos, todos con flujos de recorrido local. El primer grupo enmarcado en color rojo contiene 19 fuentes, de los que solo figuran los que sobrepasan el rango mínimo de 0.1 meq/l; estos presentan característica de agua subsuperficial con poco tiempo de residencia en el subsuelo. El segundo grupo de fuentes enmarcado de color azul, agrupa tres fuentes con flujo local, pero con mayor recorrido y tiempo de residencia que el primer grupo. El tercer grupo enmarcado de color verde agrupa cinco fuentes también con flujos locales, pero con un recorrido y residencia en el subsuelo considerablemente superior a las anteriores. El tercer grupo del diagrama de Scatter guarda relación con la composición química mostrada en el diagrama de Piper (figura 1A).

El segundo grupo de fuentes monitoreadas (figura 2) corresponde íntegramente a cinco pozos ubicados en el valle de Moquegua e Ilo, caracterizados a facies sulfatada cálcica.

1. La facie sulfatada cálcica (SO<sub>4</sub>-Ca) tiene ligeras variaciones en contenido de Cl. En general los pozos se caracterizan por la presencia de niveles freáticos altos, muy cerca de la superficie, por lo cual son aguas poco profundas que están en contacto con aguas de riego cargadas de plaguicidas y fertilizantes. Las aguas del pozo IRHS-001-MOQ actualmente no se usan por sus considerables cantidades de cloruro. Los cinco pozos monitoreados están amenazados por constante contaminación agrícola. Las aguas de predominancia sulfatada cálcica fueron ploteadas también en el diagrama de Scatter (figura 2) para ver su relación con la procedencia de los flujos; sin embargo, el alto contenido de sulfatos de procedencia antrópica (infiltración de aguas superficiales usadas en el riego de zonas agrícolas más el uso de fertilizantes y plaguicidas) influyen en la evolución química natural de las aguas subterráneas, por lo que la procedencia encontrada en el gráfico no corresponde a aguas de flujos intermedio ni regionales.

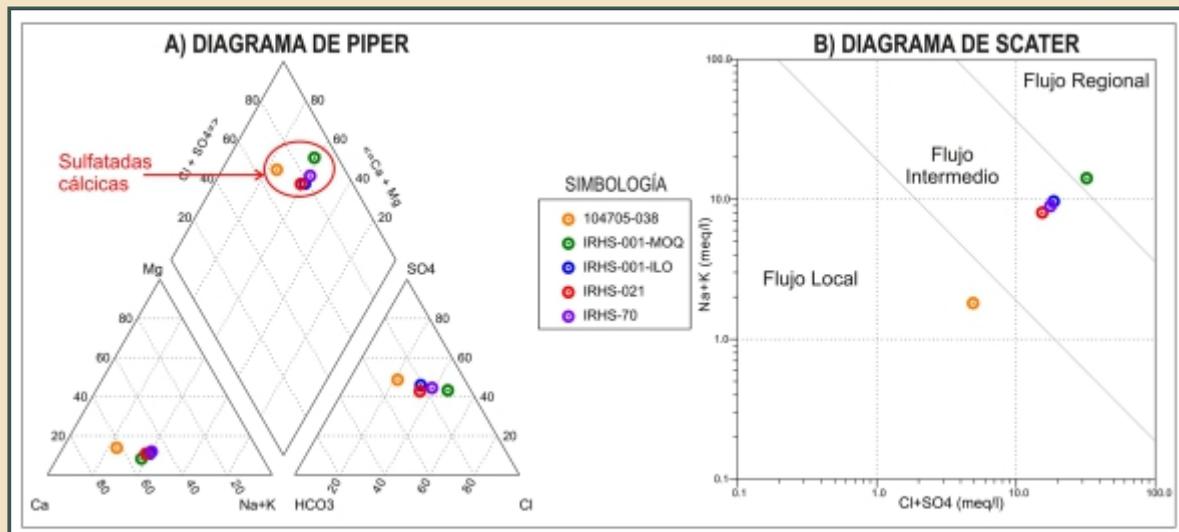


Figura 2: Diagrama de Piper 1A y Diagrama de Scatter para fuentes de aguas subterráneas muestreadas en pozos.

El mapa hidroquímico muestra la distribución espacial de las fuentes de agua subterránea con su respectivo diagrama de Stiff (figura 3), cuya interpretación visual de los resultados químicos está separada en tres categorías: la primera de color verde corresponde a muestras con menor concentración iónica ( $\leq 1$  meq/L), la segunda de color marrón a concentraciones  $\leq 5$  meq/L, y la tercera de color azul tiene concentraciones  $\leq 20$  meq/L.

Los diagramas de Stiff de colores verde y marrón corresponden a fuentes que están relacionadas directamente a la zona de precipitación, las mismas que indican un leve enriquecimiento iónico con los materiales subsuperficiales y las rocas volcánicas (excepción, la fuente Jiménez ubicada en la parte media de la cuenca). Los diagramas de Stiff de color celeste indican concentraciones altas y mayor enriquecimiento iónico; estas características corresponden a pozos y manantiales de piso de valle.

## CONCLUSIONES

- La evolución hidrogeoquímica del agua subterránea indica que todas las fuentes de agua de la cuenca del río Ilo-Moquegua provienen de un sistema de flujo local, que se

recarga con la precipitación pluvial en las partes altas de la cuenca correspondiente a la cordillera Occidental; mientras que los pozos ubicados en los pisos de valle reciben como principal recarga natural las aguas de los ríos Moquegua e Ilo.

- La composición química de las fuentes de agua presentan facies bicarbonatadas cálcicas, sulfatadas cálcicas y sulfatadas sódicas. Las facies bicarbonatadas cálcicas poseen valores considerables de sodio, que indican recargas mediante infiltración por fracturas y poros de las rocas con descargas de corto recorrido. En cambio las sulfatadas mixtas (cálcicas y sódicas) indican que algunas muestras provienen de manantiales que poseen mayor recorrido y tiempo de permanencia en el acuífero.
- Los cinco pozos ubicados en los pisos de valle presentan facies sulfatadas mixtas (cálcicas y sódicas), que según el diagrama de Scatter representaría flujos intermedios y regionales. Este resultado no se toma en cuenta, debido a la recarga del acuífero por las aguas de los ríos Moquegua e Ilo, y las actividades agrícolas que modifican la evolución hidrogeoquímica natural de las aguas subterráneas.

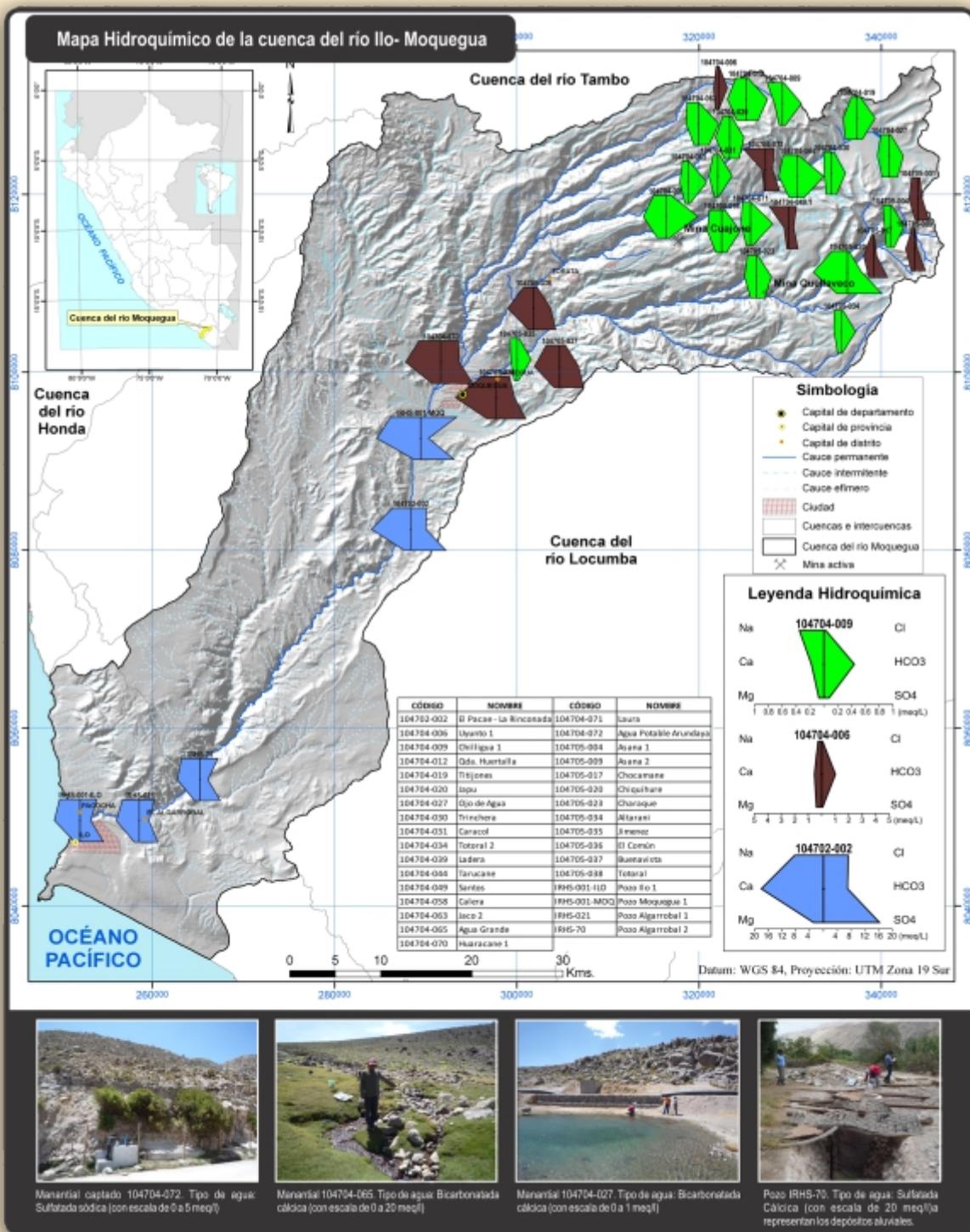


Figura 3: Mapa Hidroquímico de la cuenca del río Ilo - Moquegua.

## REFERENCIAS

Acosta, H. & Alvan, A. (2008). Revisión de la Formación guaneros en la localidad tipo: implicancias en la evolución estratigráfica de la costa sur del Perú. SGP. XIV Congreso Peruano de Geología, resumen extendido.

Acosta, H., et al. (2011). Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca, INGEMMET. Bol 139, A.

Peña, F & Ng, W. (En proceso). Hidrogeología de la cuenca del río Moquegua, INGEMMET.



# ZONAS PROPENSAS A PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL COLCA:

## Mapas temáticos que determinan zonas susceptibles a movimientos en masa

Bilberto Zavala, Manuel Vilchez y Malena Rosado

*Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
bzavala@ingemmet.gob.pe, mvilchez@ingemmet.gob.pe, mrosado@ingemmet.gob.pe*

Los movimientos en masa son uno de los mayores peligros geológicos en la sociedad, que han causado desastres históricos en los Andes peruanos (Zavala et.al, 2012a). El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) realiza los estudios que permiten identificar las zonas que por sus características geológicas, geomorfológicas, pendiente, cobertura vegetal e hidrogeológica puedan generar peligros por movimientos en masa. Información que se constituye en herramienta básica para aportar la planificación del territorio, así como los planes de prevención y mitigación de desastres.

El presente trabajo se realiza en la cuenca del río Camaná- Majes- Colca, ubicado en la ciudad de Arequipa.

La cuenca del río Camaná-Majes-Colca (CCMC) con una extensión de 17 220 km<sup>2</sup> se ubica en el flanco suroccidental de la cordillera de los Andes. Este río desde sus nacientes hasta su desembocadura en el océano Pacífico recorre 365 km, con una pendiente promedio de 1.3 %. Cubre políticamente las provincias de Caylloma, Condesuyos, Castilla y Camaná en la región Arequipa y pequeños sectores

de las provincias de Espinar y Lampa de las regiones Cusco y Puno, respectivamente, localizadas en sus límites superiores (figura 1). Su importancia radica en que en ella se ubica el proyecto Majes Sihuas (canales-túneles, bocatomas y represas); valles agrícolas fértiles (Majes, Camaná); el cañón del Colca destino turístico internacional; importantes centros mineros (Orcopampa, Arcata, Ares).



## el dato

### DESASTRES HISTÓRICOS ORIGINADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LOS ANDES PERUANOS

FECHA	LUGAR	EVENTO	MUERTES Y DAÑOS
15/02/1911	Marca, Recuay, Ancash	Aluvión	200 desaparecidos
31/01/1925	Arequipa, Arequipa	Huaicos e inundaciones	9 muertos
14/05/1928	Pimpingos, Cajamarca	Deslizamiento por sismo	28 muertos
13/12/1941	Huaraz, Ancash	Aluvión	4000 muertos
17/01/1945	Chavín, Ancash	Aluvión	300 muertos
18/08/1945	Condorsenja (Huancavelica)	Deslizamiento	Represó río Mantaro. Sin víctimas
10/11/1946	Sihuas y Quiches, Ancash	Sismo; avalanchas de roca.	Se reportaron 1396 muertes
01/11/1947	Satipo, Junín	Sismo produjo deslizamiento	25 muertos
23/02/1951	Tamburco, Apurímac	Deslizamiento	12 muertos
10/01/1962	Ranrahirca, Ancash	Alud-aluvión	4000 muertos
24/03/1962	Yuncanpata, Pasco	Deslizamiento	40 muertos
31/05/1970	Yungay, Ancash	Sismo; Alud-aluvión	18,000 muertos
18/03/1971	Huaral, Lima	Derrumbe y aluvión	400 muertos; campamento minero
09/01/1974	Valle de Vitor, Arequipa	Derrumbe y deslizamiento	Colegio, canal, tierras de cultivo
25/04/1974	Acobamba, Huancavelica	Deslizamiento	600 muertos, 220 desaparecidos
1981	Presa de Tablachaca	Derrumbe 5	\$ 42 MM de dólares en estabilización
03/1987	Chosica, Lima	Huaicos	17 fallecidos, 100 desaparecidos
12/02/1990	Mina Miski, Arequipa	Huaico	Campamento minero y viviendas
28/12/1990	Chaipi, Arequipa	Huaico	17 muertos, 200 desaparecidos
29/12/1990	Laguna Lazo Huntay, Junín	Aluvión	80 muertos
18/02/1997	Abancay, Apurímac	Deslizamiento	51 muertos, 200 desaparecidos
30/07/1997	Cerro Carigua, Arequipa	Deslizamiento	Represó río Colca
27/02/1997	Urubamba, Cusco	Aluvión	4 muertos; CC HH M. Picchu (\$100 MM))
16/01/1998	San Mateo, Huarochiri, Lima	Huaico	No hubo muertos ni desaparecidos
29/01/1998	Choco, Arequipa	Huaico	19 muertos; 45 viviendas destruidas
23/02/1998	S. J. Lurigancho, Lima	Huaicos e inundaciones	200 viviendas; 1500 inundadas
07/11/1999	La Púcara, Cajamarca	Deslizamiento	34 muertos
16/03/2000	Uralla, Huancavelica	Deslizamiento	22 muertos
Desde el 2005	Valle de Sihuas, Arequipa	Varios deslizamientos	Terrenos de cultivo
23/01/1997	San Ramón, Junín	Huaicos e inundaciones	14 muertos.
Ene – feb 2010	Cusco	Huaicos e inundaciones	80 muertos, 18000 damnificados
22/02/2010	Rodeopampa, Cajamarca	Deslizamiento y avalancha	Represó río; 2 muertos
01/04/2010	Ambo, Huánuco	Aluvión	30 muertos
17/04/2012	Tamburco, Apurímac	Huaico e inundación de detritos	Afectó viviendas
05/04/2012	Chosica, Lima	Huaicos e inundaciones	2 muertos; 600 damnificados
08/02/2013	Arequipa	Huaicos e inundaciones	4 muertos; miles de damnificados

Elaboración propia, con datos de diferentes fuentes técnicas y periodísticas nacionales.

La cuenca del río Camaná-Majes-Colca (CCMC) con una extensión de 17 220 km<sup>2</sup> se ubica en el flanco suroccidental de la cordillera de los Andes. Este río desde sus nacientes hasta su desembocadura en el océano Pacífico recorre 365 km, con una pendiente promedio de 1.3 %. Cubre políticamente las provincias de Caylloma, Condesuyos, Castilla y Camaná en la región Arequipa y pequeños sectores

de las provincias de Espinar y Lampa de las regiones Cusco y Puno, respectivamente, localizadas en sus límites superiores (figura 1). Su importancia radica en que en ella se ubica el proyecto Majes Sihuas (canales-túneles, bocatomas y represas); valles agrícolas fértiles (Majes, Camaná); el cañón del Colca destino turístico internacional; importantes centros mineros (Orcopampa, Arcata, Ares).

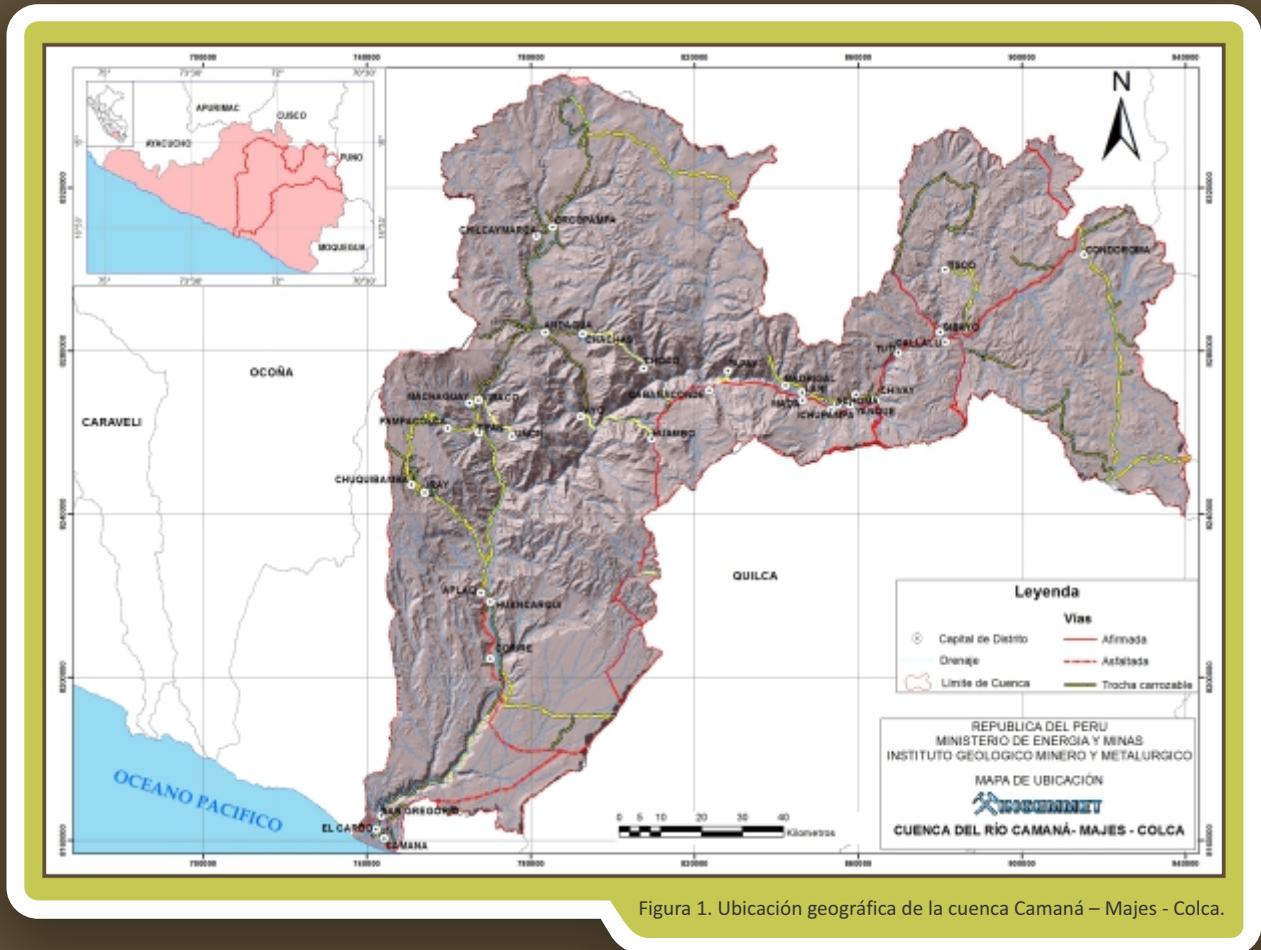


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca Camaná – Majes - Colca.

Las características geológicas, geomorfológicas, volcánicas, sismotectónicas y climáticas de la cuenca han originado, en el pasado geológico reciente y actual (Plioceno-Holoceno), importantes eventos de movimientos en masa (MM) asociados a la actividad volcánica (caso volcán Hualca Hualca y Coropuna), anomalías climáticas como el fenómeno El Niño en las cuencas media e inferior (Toro Muerto, Choco), como también la sismicidad neotectónica (fallas activas entre Huambo y Cabanaconde). Eventos puntuales ocurridos en el siglo pasado son: las reactivaciones de los deslizamientos de Lari y Madrigal (1963, 1979, 1987) y Maca en el valle del Colca; el derrumbe de Carigua (1997); el pequeño lahar en la quebrada Huayuray tras la actividad del volcán Sabancaya seguida de fuertes

lluvias que originaron este flujo; huaicos y derrumbes con lluvias estacionales son comunes entre Chivay y Cabanaconde, o Chivay-Madrigal, o con lluvias excepcionales en las vías Aplao-Viraco, Aplao-Chuquibamba, Andahua-Orcopampa, Pedregal-Huambo, Andahua-Ayo, Andahua-Chachas.

También son frecuentes desprendimientos de rocas y derrumbes en los taludes de carreteras (Corire-Aplao-Viraco). Esta recurrencia de procesos está estrechamente relacionada al grado de fracturamiento y alteración de las rocas, relieves o geoformas, pendiente de los terrenos, características hidrogeológicas (permeabilidad o retención de agua en las rocas y suelos); expresadas en grados de susceptibilidad.

## INVENTARIO Y TIPOLOGÍA DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA CCMC

Las evidencias que sugieren la presencia de un proceso de MM activo/reciente o antiguo son reconocidas en base a dos tipos de geoformas: 1) Acumulación de material cuaternario que implica procesos gravitacionales: abanicos/conos; "hummocks" o colinas de material caótico; talud de detritos/canchales; represamiento natural de valles; 2) Canales o surcos de erosión fluvial y pluvial, cárcavas, cicatrices o escarpas de deslizamientos, ruptura de pendiente en afloramientos rocosos (caídas, derrumbes y vuelcos); escalonamiento de laderas o "terracillas" (reptación); socavamiento en la base de terraplenes, acantilados o terrazas, entre otros.

Los movimientos en masa en la CCMC han sido agrupados en cinco grandes tipos: 1) flujos: flujos de lodo, flujos de detritos, avalancha de rocas y avalancha de detritos 2) deslizamientos de tipo rotacional y traslacional; 3) Caídas de rocas, derrumbes y vuelcos: 4) Movimientos complejos; 5)

Reptaciones; Se incluye en este inventario la erosión de laderas, muy desarrollada en la cuenca, responsable en la mayoría de casos en desencadenar otros movimientos en masa. Los MM antiguos identificados incluye escasos deslizamientos, avalanchas de rocas y movimientos complejos, generalmente de gran dimensión; sobresalen dentro de las antiguas avalanchas de rocas, el gran depósito encontrado en el flanco norte del volcán Hualca Hualca (sector Pinchollo, Maca) y el ubicado en el flanco sur del volcán Coropuna (Chuquibamba), así como otros menores. Muchos eventos pre-históricos marcan la morfología actual de la cuenca, modificada por nuevos procesos geodinámicos, incluyendo aquellos derivados de la actividad sísmica y volcánica reciente, como procesos durante eventos de El Niño. La cartografía e inventario de peligros geológicos en la cuenca (Zavala *et. al.* 2012b), reporta 938 ocurrencias de MM. El grado de peligro es asignado de forma cualitativa, basada en su estado (activo, inactivo joven, inactivo maduro, viejo), dimensión (área y volumen) y recurrencia del evento en el tiempo.

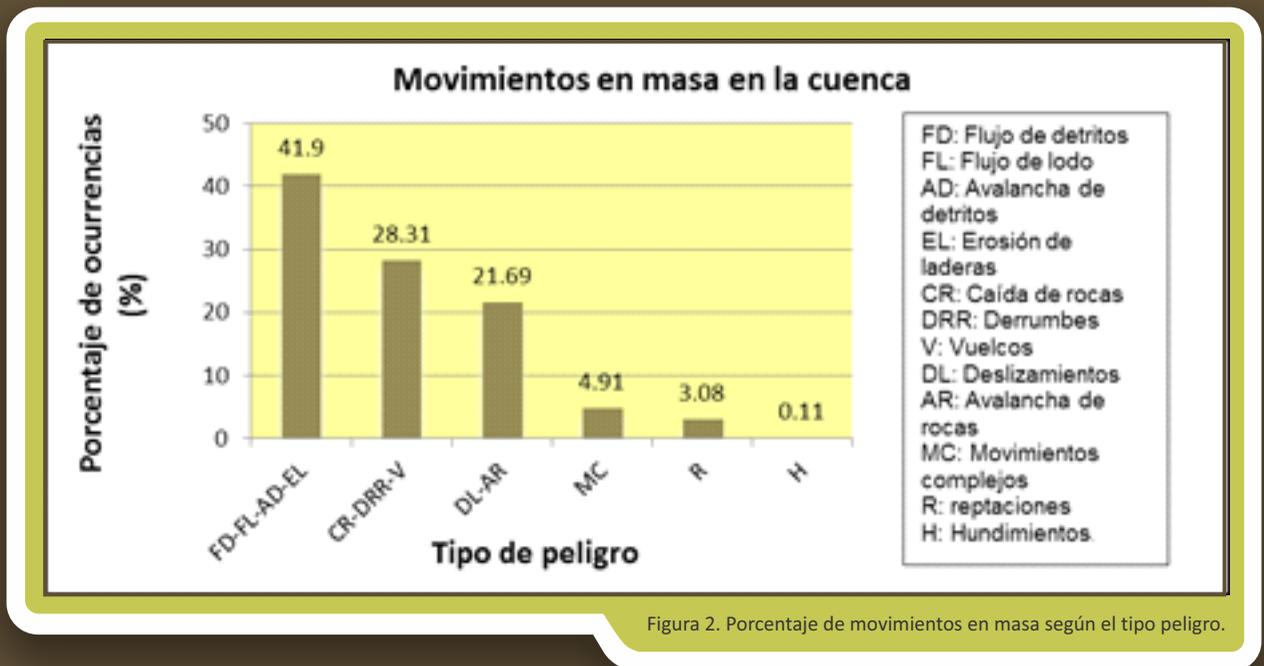


Figura 2. Porcentaje de movimientos en masa según el tipo peligro.

## CARACTERÍSTICAS Y DISTRIBUCIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA CUENCA

Para una mejor descripción se describen siete sectores:

1. **Valle del Colca, entre Sibayo- Chivay- Maca-Madrigal:** Mayor distribución de MM en la

cuenca. En dimensión los más importantes son las avalanchas de roca en el cerro Llancuiypiña, la quebrada El Molino, río Sepina, quebrada Japo (Maca) y la falda norte del volcán Hualca Hualca; abanicos de flujos de detritos de Challacone, Ccayachape, Coporaque, Tucullune, Sepina, Marcapampa entre otros. Entre los deslizamientos y movimientos destacan el de



Deslizamiento; baños termales La Calera



Reptación de suelos en zonas con cotas superiores a 4000 m., sector Condorama



Taludes en rocas muy fracturadas susceptibles a derrumbes; carretera Corire - Aplao

Maca, Madrigal-Lari, Antahuilque, Sihuincha y quebrada Sahuayllo (mina Madrigal).

2. **Subcuenca Andahua/Orcopampa:** Eventos prehistóricos como la avalancha de rocas en la quebrada Taucca, aluvión en el río Ayo, deslizamiento frente a Cuchurancho y la avalancha de rocas en el río Misapuquio. Los márgenes de estos dos valles presentan acumulaciones asociadas a flujos o avalanchas de detritos, destacando la zona del cerro Pichihua, Chapacoco-Chilcaimarca y Jello Jello-Sucna-Ayo-Acho, y el valle de Huancarama entre Orcopampa y Layo.

3. **Cuenca alta del río Colca:** Con pocos movimientos en masa, distribuidos a cotas superiores a 4000 m; con áreas de afectación y distribución menores; zonas periglaciares y glaciares donde son comunes procesos de reptación, algunos derrumbes o deslizamientos en frentes volcánicos rocosos que han generado avalanchas de rocas. Incluye esta zona el valle del río Condorama, las quebradas Huaccoto, Japu y laguna Pañe con muchos sectores con reptación de suelos. Aguas abajo de la presa Condorama con derrumbes antiguos y una avalancha de rocas en el cerro Ancocunca, que represó el río Colca. Avalanchas de rocas, derrumbes y reptaciones son frecuentes en las inmediaciones de Cota Cota y deslizamientos aislados en el cerro Jalcarane (Cala Cala) y río Maqueruyo. Flujos de detritos entre Sibayoy Tisco, en algunos tributarios que descienden hacia el río Colca, algunos derrumbes recientes así como avalanchas de rocas (quebradas Marcarane y Altartuna).

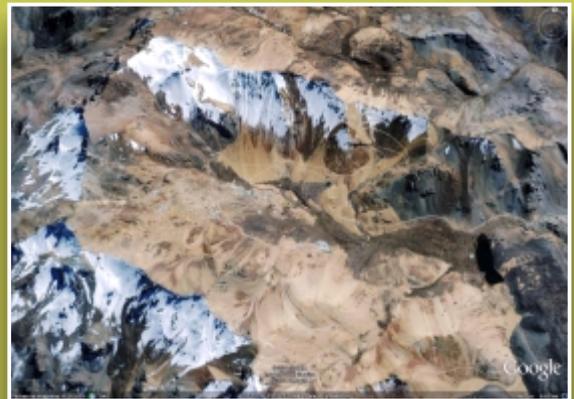
4. **Cuenca media, cañón del Colca (entre Cabanaconde y Huambo) y subcuenca del río Huambo.** Las lluvias estacionales y excepcionales generan flujos de detritos que se canalizan por las cárcavas o quebradas. Destacan algunos derrumbes de magnitud regular en la margen izquierda de las quebradas Pahuana, cerro Jajacuchu, entre otros. Las laderas que dan hacia el cañón (sectores de Tapay, cerro Apacheta, Ajpi, Llanca, Choco, cerro Sunturuta, márgenes del río Hualca Hualca) presentan deslizamientos o movimientos complejos activos; derrumbe de Carihua, frente a Ayo, algunos reactivados, así

como deslizamientos antiguos. La característica particular de esta zona es la presencia de un sistema de fallas geológicas activas responsable de algunos movimientos en masa.

5. **Valle de Chuquibamba, Taparza/Río de Llato y Majes:** Existen grandes avalanchas de rocas en la falda sur del volcán Coropuna. Una escarpa semicircular de 30 x 20 km de longitud y ancho y material canalizado en el valle del río Grande aguas abajo de Chuquibamba evidencian este proceso. Se suman flujos y avalanchas de detritos en las vertientes y quebradas torrenciales que alimentan al curso principal, con una pronunciada erosión de laderas. La **subcuenca colindante Taparza/río de Llato** con avalanchas de rocas menores en Pampacolca (encima de San Antonio), y aguas abajo una intensa erosión en cárcavas en ambas márgenes; flujos de detritos canalizados por cárcavas, surcos y quebradas en Higuera yoc, Puerto Viejo y Andamayo; derrumbes, avalanchas de detritos y deslizamientos son comunes en la carretera hacia Tipán y Viraco, así como áreas de cultivo. Deslizamientos y derrumbes activos en el sector de Llacmes (Vilchez, 2008);, vertientes volcánicas de laderas pronunciadas con caída de rocas y derrumbes.
6. **Valle de Majes:** Destaca, el megadeslizamiento y avalancha de rocas entre Punta Colorada y la cabecera de la quebrada El Toro. En ambas márgenes del valle grandes abanicos proluviales en las quebradas de Cosos, El Castillo, Ongoro, río Grande, que se activan con lluvias excepcionales. Las laderas inferiores del valle con derrumbes o avalanchas de detritos activos en los sectores de Querulpa Grande y Chico, Mamas, Cochate (margen derecha) y Recodo Cerro, La Laja, Pedregal, Esmeralda, El Granado y Pampa Blanca (margen izquierda).
7. **Cuenca inferior, aguas abajo de Torán:** Valle encañonado del río Majes/Camaná, abanico de Camaná y laderas circundantes. Pequeños derrumbes y caída de rocas en los sectores Pisques y Characta; avalanchas o flujos de detritos excepcionales como los grandes depósitos de huaco en las desembocaduras de las quebradas Molles (Socso) y Puluviñas. Las laderas más occidentales hacia la ciudad de

Camaná y San Gregorio, con derrumbes y caída de rocas y algunas quebradas secas que podrían activarse excepcionalmente (Pastor y Bandurria).

8. **Cabeceras de cuenca y divisorias de agua locales:** Movimientos en masa asociados a procesos de gelifracción y retroceso glacial; destacan avalanchas de rocas en Ran Ran y cerro Ticlla (NO de Sibayo); cerro Colquecahua (NE de Condorama); cordillera de Shilla (cerros Icma, Venayoc, Chuañume, Japotani, al este de Chachas); la cabecera del río Salto (alrededores de mina Arcata). Reptaciones y deslizamientos en la margen derecha del río Cochasi que (Arcata). En la **subcuenca del río Pulpera**. También algunos deslizamientos, avalanchas de rocas, flujos de detritos.

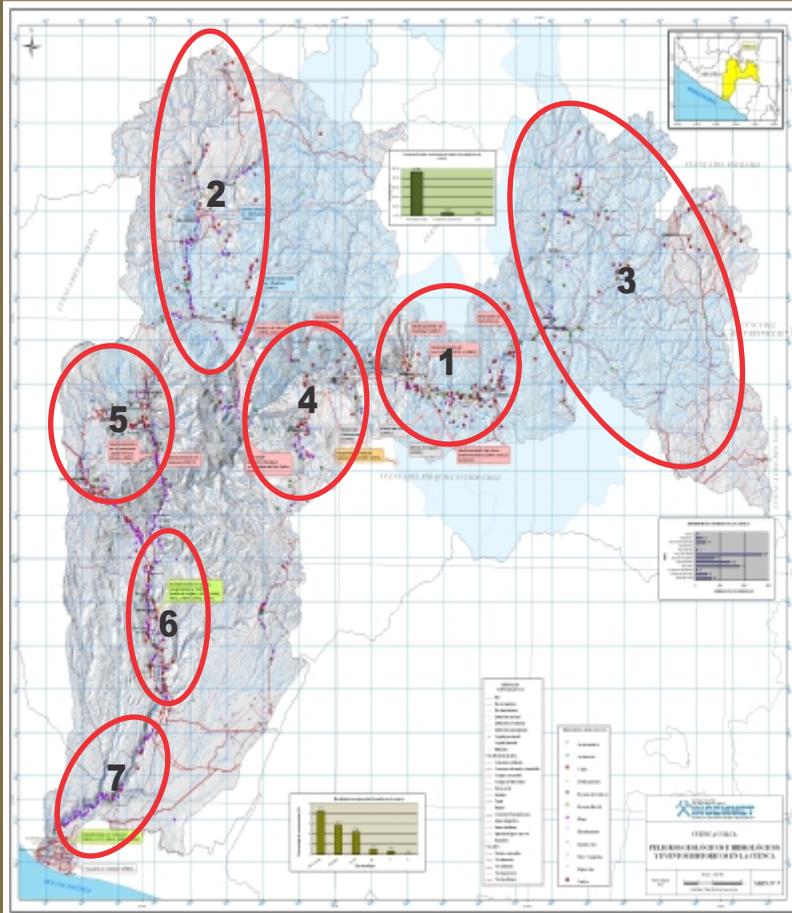


Flujos de detritos en zonas de gelifracción; retroceso glacial en zonas de cabeceras de cuenca que afectan campamento minero



Maca que afecta el poblado y carretera de Chivay-Cabanaconde

## DISTRIBUCIÓN Y TIPOLOGÍA DE MOVIMIENTO EN MASA EN LA CUENCA



1. Valle del Colca: entre Sibayo-Tuti-Canocota-Chivay-Ichupampa-Lari-Achoma-Maca-Madrigal.
2. Subcuenca Andahua/Orcopampa.
3. Cuenca alta del río Colca; incluye río Pulpera.
4. Cuenca media se encuentra el cañón del Colca (entre Cabanaconde y Huambo) y la subcuenca del río Huambo.
5. Valle de Chuquibamba, Taparza/Río de Llato.
6. Valle de Majes.
7. Cuenca inferior, río Majes. Aguas abajo de Torán.
8. Cabeceras de cuenca y divisorias de aguas locales

## SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

El análisis de susceptibilidad a los MM requiere de la combinación de diferentes factores o variables que condicionan su ocurrencia. La metodología utilizada es la sobreposición de mapas temáticos con ayuda del GIS (método cualitativo heurístico), donde se da valores o pesos a cada parámetro condicionante, integrando los mapas de: 1) pendiente de terreno (25%); 2) geomorfología (17%); 3) litología (30%); 4) cobertura vegetal y uso de suelo (8%); 5) hidrogeología (20%).; Asimismo diferentes pesos para las unidades diferenciadas en cada uno de los mapas considerados. Esto permitió zonificar la cuenca en rangos de susceptibilidad desde muy alta a muy baja (cuadro 1 y figura 4). Los

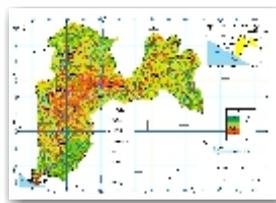
grados de susceptibilidad, se obtuvieron a partir de las interacciones entre los cinco mapas: con ayuda del ARCGIS 9.0, empleando la siguiente ecuación:

$$SMM = SCV (0,08) + SHG (0,20) + SGM (0,17) + SP(0,25) + SL(0,30) / 5$$

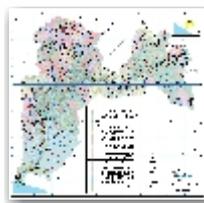
En donde: SCV: susceptibilidad del parámetro Cobertura Vegetal y Uso de Suelo; SHG: susceptibilidad del parámetro Hidrogeología; SGM: susceptibilidad del parámetro Geomorfología; SP: susceptibilidad del parámetro Pendiente; SL: susceptibilidad del parámetro Litología. En el cuadro 4 se describen las características de las cinco zonas de susceptibilidad diferenciadas.

## ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

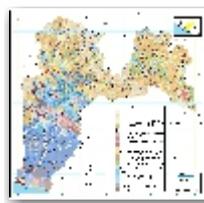
Susceptibilidad: Posibilidad de que en una zona ocurra un determinado proceso geológico (deslizamiento, huayco o inundación), expresada en grados cualitativos.



Pendientes

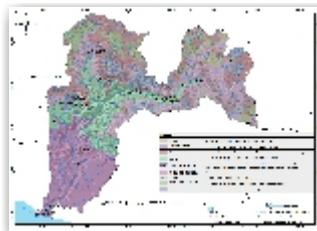


Geomorfología

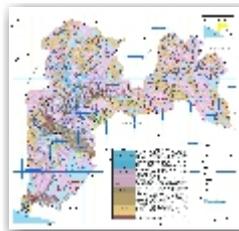


Litología

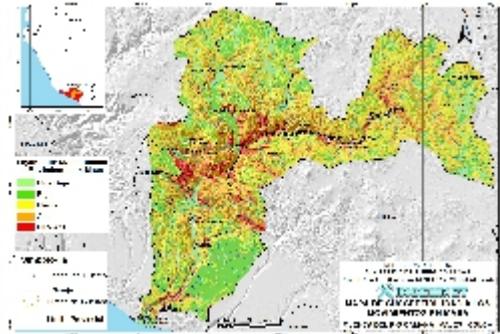
VARIABLES	PESO (%)
Pendiente	25
Geomorfología	17
Litología	30
Cobertura Vegetal y Uso de Suelo	8
Hidrogeología	20



Cobertura vegetal y uso de suelo



Hidrogeología



MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

$$SMM = SCV (0.08) + SH (0.12) + SG (0.20) + SP (0.20) + SL(0.40)$$

5

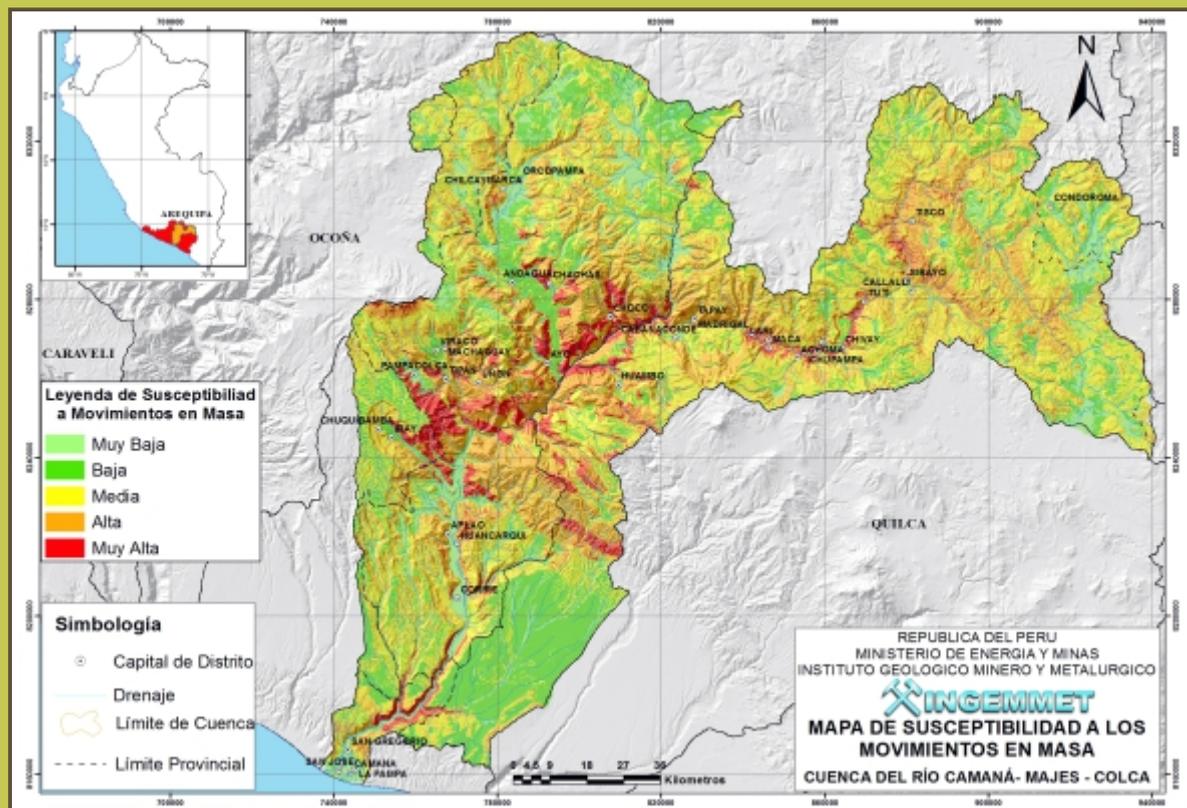


Figura 4. Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa en la Cuenca Camaná – Majes – Colca

CUADRO 1  
SUSCEPTIBILIDAD A LOS MM EN LA CUENCA DEL RÍO COLCA

**SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA:** condiciones del terreno muy favorables para que se generen MM. Se concentran donde ocurrieron DL en el pasado o recientes reactivaciones de los antiguos al modificar sus taludes.

**Sector suroccidental de la CCMC:** Acantilados del valle Camana-Majes, entre Punta Colorada y los cerros La Mina y Puntallacla; 4 km de Pampata Baja. Vertientes en las quebradas Puluviñas (Sonay) y Molles (Socso); vertientes inferiores de la quebrada Siccera (Pedregal).

**Sector central de la CCMC:** Laderas del cerro Huancarqui (frente a Aplao); cerro Cisara (frente a La Central); laderas en el valle del río Grande que descienden desde Chuquibamba (cerros Tres Gradadas, Huisja, Lontuyoc, Gandelfo, Huatiapilla, Moscapampa y La Cantera); vertientes de montañas al oeste de Pampacolca y Piscopampa. Ríos de Llato y Llaclajo hasta la localidad de Tipán; río Taparza (en Muña y Quillilla); cabeceras de las quebradas Piracucho y Huayunca; río Polviña (Uñón). Vertientes (ambos márgenes) del río Capiza hasta la localidad de Andamayo; tramos encañonados del río Colca (Cerro Pucapollera). Cerros Peluchane, Tauca, Jollevirca (Chachas) y Ortaycallioc, quebradas Tapaya (Nauira), río Chalza y Cuzca (Choco). Valle del Colca entre la quebrada Ontacota y Llatica. Cerro Cotocahuana (Ayo); vertientes del río Huambo y laderas de Ajpi.

**Sector noreste de la CCMC:** valle del Colca entre Pinchollo, Tuti y el río Challacone; entre Sibayo y la confluencia del río Asirumayo al Colca.

**SUSCEPTIBILIDAD ALTA:** reúne la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar MM, cuando se modifican sus taludes. Colinda con zonas de muy alta susceptibilidad.

Distribución importante en la cuenca en:

**Sector suroeste de la CCMC:** vertientes del río Camaná entre San Gregorio y la quebrada Naspas, laderas del Cerro Saltreras en Punta Colorada.

**Zona central de la CCMC:** Vertientes superiores de la quebrada Sicera (Pedregal); ambos márgenes del río Majes entre Corire y El Castillo, y entre Huatiapilla y Andamayo. Vertientes en la margen derecha del río Grande (Chuquibamba). Valle de los ríos Llaclajo (Tipán), Taparza y Polviña (Uñón). Vertientes de afluentes del río de Llato (río Tastane, quebradas Yanajocha y Tuailqui), y afluentes del río Llaclajo (quebradas Huasi, Buena Vista y Cospanja). Laderas al sur del nevado Coropuna; vertientes de ladera del valle del río Ayo (margen derecha) y laderas del cañón del río Colca, entre Andamayo y el río Mamacocho. **Zona norte de la CCMC:** Vertientes en el valle del río Orcopamapa (margen derecha), laderas de ambos márgenes del río Chilcaimarca (Orcopampa) y el río Huancarama. Valle de Huambo; sector de Tapay, San Juan de Chuccho, laderas de montañas sobre el poblado de Cabanaconde, Madrigal, Lari y Maca.

**SUSCEPTIBILIDAD MEDIA:** Algunas condiciones favorables para producir MM.

Amplia distribución en la CCMC, localizándose en la altiplanicie aluvial sedimentaria, en la margen derecha del río Camaná-Majes, muy disectada; laderas inferiores del nevado Coropuna; laderas de montañas ubicadas entre la localidad de Pinchollo y Huambo. Laderas de montañas localizadas entre los poblados de Chivay y Sibayo. Terrenos ubicados en las cabeceras de cuenca.

**Zona noreste de la CCMC:** Laderas superiores a los poblados de Chivay, Tuti, Canocota, Sibayo, Callalli, Tisco, Cotacota, valle de los ríos Pulpera y Llata.

**SUSCEPTIBILIDAD BAJA:** Las condiciones intrínsecas del terreno no son propensas a generar MM.

Se localizan en la pampa de Majes, en la superficie localizada sobre Chuquibamba, localidades de Viraco, Acho, Ayo y Andagua; terrenos localizados en cabeceras de cuenca y en Condorama.

**SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA:** Podrían ser afectadas por procesos que ocurren en sus franjas marginales, como obstrucciones o cierres de valles originados por FD, DL u otro MM.

Valle principal del río Colca-Majes-Camaná, desde el Océano Pacífico hasta Andamayo; localidades de Pampacolca, Chilcaymarca, Orcopampa, Huancarama (valle de Orcopampa), valle de Umachulco, Valle del río Illigua, quebrada Sillque y río Molloca. En el lado noreste de la CCMC en los sectores de Quenco y Calacala, Valle del río Oscollamayo, río Jaguar (laguna Pañe). Nacientes del río Colca (laguna Jayuchaca, ríos Chilcamayo y Blanquillo).

## DISCUSIÓN FINAL Y CONCLUSIONES

- En la pasado geológico reciente y actual (Plioceno-Holoceno) sucedieron importantes eventos de MM asociados a procesos volcánicos (ej. volcán Hualca Hualca y Coropuna), anomalías climáticas asociadas a eventos de El Niño en las cuencas media e inferior, como también sismos (y fallas geológicas activas presentes en la cuenca). En el período histórico existe un moderado a alto índice de eventos peligrosos asociados a eventos hidroclimáticos y movimientos sísmicos (reactivación y avances de los deslizamientos); derrumbe en zonas muy fracturadas del cañón del Colca; flujos de detritos asociados a zonas periglaciares por procesos asociados al retroceso de los glaciares, huaicos y derrumbes con lluvias estacionales, o con lluvias excepcionales; movimientos sísmicos que afectan taludes de carretera mal diseñados con rocas muy fracturadas y alteradas.
- En el análisis de Susceptibilidad a los MM, las unidades de mayor susceptibilidad (alta a muy alta) corresponden a zonas de: **pendientes:** entre 15° a 25°, 25° a 45° y mayores a 45°; **morfología:** piedemontes aluvio-lacustres, coluvio-deluviales y aluvio-torrenciales, montañas glaciares, vertientes glacio-fluviales y de detritos indiferenciados; **litología:** depósitos lacustrinos de la Formación Colca; areniscas con intercalaciones de lutitas, pizarras (Grupo Yura); esquistos, gneis y anfibolitas, areniscas (Complejo metamórfico precámbrico); limolitas y lutitas, conglomerado

aluvial (Capas rojas cretáceo-terciarias); areniscas tobáceas, conglomerados y coquinas y depósitos coluviales (volcano-sedimentarios terciarios); **cobertura vegetal:** pajonal o césped de puna; tierras altoandinas sin vegetación o con escasa vegetación y bofedales; **unidades hidrogeológicas:** acuitardos sedimentarios y acuicludos.

- Por sí solos, los peligros naturales no ocasionan ningún desastre. Lo que lo genera es la combinación de una población o comunidad expuesta, vulnerable, que desconoce y está mal preparada a la ocurrencia de un peligro natural potencial o susceptible a la ocurrencia de éste.

## REFERENCIAS

**Vilchez, M (2008)** - Peligro Geológico en el Anexo de Yacmes (Distrito de Tipan, Provincia de Castilla, Región Arequipa). Informe Inédito A5750, Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo geológico. p.18 p.

**Zavala, B., Fidel, L., Vilchez, M., Nuñez, S., Villacorta, S., Valderrama, P., Luque, G., Medina, L. y Rosado, M. (2012a)** - Caracterización y tipología de movimientos en masa en los Andes Peruanos: Los mapas de peligros geológicos. Resúmenes Extendidos, II Encuentro de Investigadores Ambientales, Arequipa 2012, 6p.

**Zavala, B., Vilchez, M. & Rosado, M. (2012b)** – Estudio geoambiental en la cuenca del río Camaná-Majes-Colca. Lima Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín en edición 2012. 230 p.

# ¿Fue un FETO de dinosaurio el hallazgo de AREQUIPA?

Luz Tejada Medina, Lourdes Cacya Dueñas,  
Pedro Navarro Colque & Luis Mamani Ramos

El descubrimiento de restos fósiles de dinosaurios suele despertar un interés inusitado; más aún cuando se habla del primer feto fosilizado de un Velociraptor, ejemplar que es famoso por haber sido recreado en las películas de Hollywood, Jurassic Park. Sin embargo, la sorpresa que manifestamos en el título de esta nota tiene relación con lo que apreciamos por la televisión y otros medios de prensa, la seguridad y pasión con que las autoridades de la localidad de Corire, Arequipa –lugar muy cercano al Parque Jurásico de Querulpa (Aplao)– anunciaron el hallazgo y mostraron el supuesto fósil casi en perfecto estado de conservación. ¿Era esto posible? ¿Existen condiciones para que el resto hallado sea considerado fósil? A continuación, un breve esbozo de lo acontecido luego de la evaluación geológica-paleontológica efectuada.

En junio del 2013 fue difundido por los medios de prensa el hallazgo de un posible resto fósil de embrión de dinosaurio, lo cual causó mucha expectativa dada la novedad y su estado de conservación. La difusión estuvo a cargo del alcalde del distrito de Corire, quien dispuso la preservación tanto de la pieza como de la ladera donde yacía este elemento. Con el mismo entusiasmo, solicitó abiertamente el apoyo de la comunidad científica para los estudios. Es así que el Ingemmet se hizo presente a través de una brigada de la Dirección de Geología Regional, quien tomó fotografías detalladas del ejemplar y del lugar donde fue encontrado.

Corire, capital del distrito de Uraca, es uno de los poblados que se sitúan en el piso de valle del río Majes, y pertenece a la provincia de Castilla, departamento de Arequipa. La pieza del supuesto saurio fósil fue hallado a 2.5 kilómetros al sur de

Corire, en la zona de Santa Catalina-Toro Grande, sobre la margen derecha del río Majes (figura 1).

## CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA ZONA

Las laderas de las montañas que lindan con el valle de Majes, a la altura de Corire, están conformadas por rocas del grupo Moquegua, caracterizado por conglomerados y lutitas, con un espesor superior a los 200 metros. Estas secuencias se depositaron entre los 50 y 25 millones de años que corresponden a los períodos que van del Eoceno al Oligoceno. En época reciente y por procesos de geodinámica externa, como deslizamientos, conos coluviales y aluviales, se generaron los depósitos cuaternarios. Es precisamente al pie de uno de ellos, que llega hasta la terraza del piso del valle por la quebrada Pampablanca, (figura 2) donde fue hallado el ejemplar.

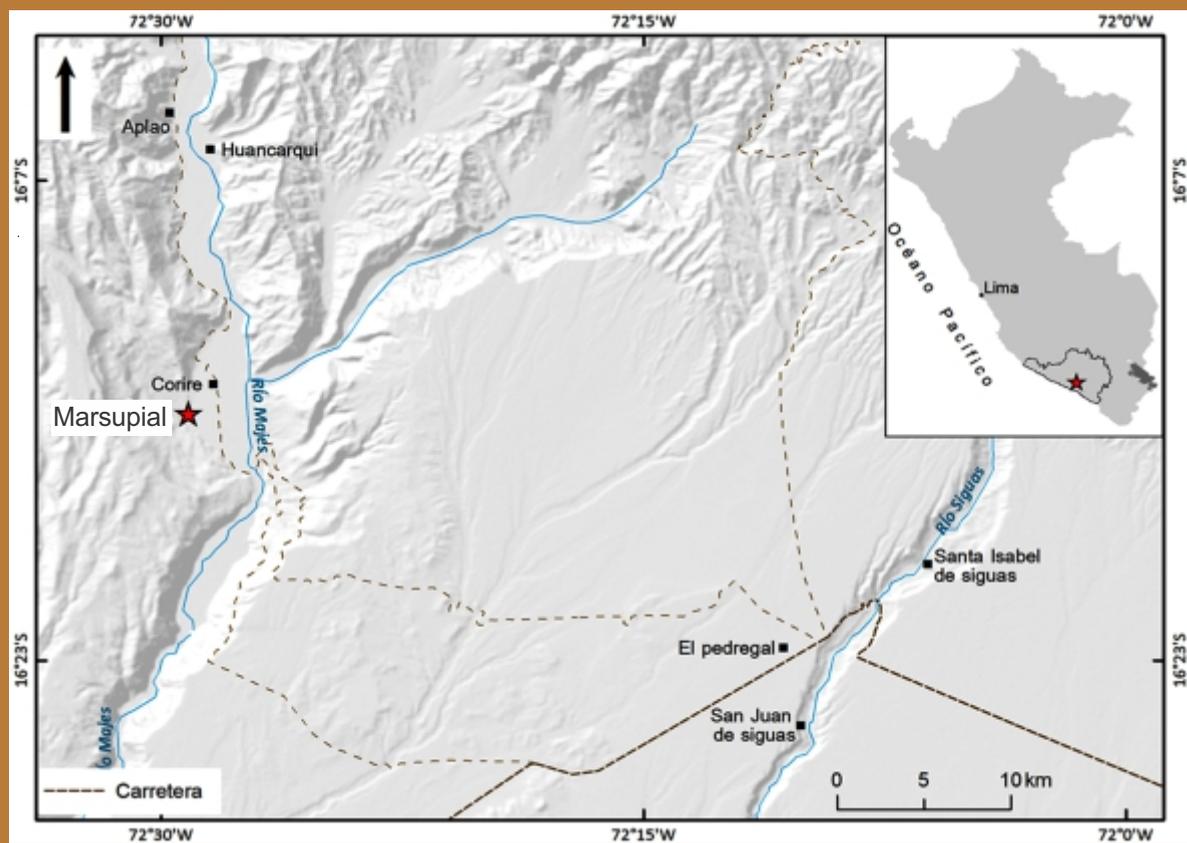


Figura 1. Ubicación del hallazgo, el valle del río Majes y su entorno.



Figura 2. Ubicación geomorfológica donde fue hallado el marsupial.

## EVALUACIÓN DEL SUPUESTO FÓSIL: RESULTÓ SER UN PARIENTE DE LA ZARIGÜEYA (MUCA)

El hallazgo consiste en una pieza de una especie mamífera no litificada de 8 cm de tamaño y de color amarillo grisáceo (figura 3) que presenta el cuerpo bastante completo (90 %), y de cuyo análisis y evaluación general se asume que debe haber muerto hace muy poco tiempo. En este sentido, se debe recordar que el primer paso para que un resto orgánico o una huella de actividad biológica inicie su camino a la fosilización es su enterramiento rápido, y son raros los casos de fósiles que se pueden preservar fuera del sedimento (e.g. momificación, congelación); en cualquier caso, la fosilización siempre supone una drástica alteración de las condiciones

físico-químicas que permitan la vida, y una antigüedad mayor a los 10 000 años.

La razón es muy sencilla: la vida tiende a reciclar y a aprovechar cualquier tipo de residuo orgánico, destruyéndolo en su proceso de asimilación. Por tanto, la premisa inicial para que se inicie el proceso de preservación es el aislamiento del medio ambiente original. Esto se consigue con una alta tasa de sedimentación. El sedimento cubre el resto, alejándolo de los organismos carroñeros y aislándolo de la acción degradadora del oxígeno (Pardo, 1996). Por tanto, el cadáver de la especie evaluada, se encuentra en un estado de “momificación”, ya que se observa la desecación de su cuerpo por evaporación del agua de sus tejidos, lo que ha dado lugar a que estos sufran una transformación especial, gracias a la cual persisten sus formas exteriores de un modo prolongado.



Figura 3. Thylamys (mamífero momificado) en la ciudad de Corire, Arequipa.

El hecho esencial de este proceso radica en la rápida desecación del cuerpo, que al estar privado de agua hace imposible el desarrollo de bacterias, por lo cual detiene e impide que continúe la putrefacción ordinaria. Además, las condiciones ambientales son un factor importante; en este caso, cuenta el clima seco de la ciudad de Arequipa. Sin embargo, debe señalarse que la “momificación” también puede producirse en ambientes gélidos, como en grutas de alta montaña, debido en parte a la sequedad del aire y a la inhibición del crecimiento bacteriano por las bajas temperaturas, es el caso de las momias encontradas en los Andes del Perú.

### DISTRIBUCIÓN DE THYLAMYS EN EL PERÚ

Este género en el Perú transita hábitats desérticos, pequeños valles de la costa, así como matorrales arbustivos de valles andinos de la sierra, centro y sur del Perú, incluyendo lomas estacionales (Solari, 2002). Su distribución (figura 4) podría ser resultado de una migración desde la puna de Bolivia y Chile, a través de los Andes Centrales en el norte de Chile y sur del Perú, y luego latitudinalmente hacia el norte, y altitudinalmente sobre la vertiente occidental de los Andes peruanos (Brown, 2004).

El género *Thylamys* es estrictamente sudamericano (Tate, 1933; Gardner, 1993); se le ha registrado al oeste de los Andes en Perú y Chile, al sur de Bolivia a través de Argentina y Paraguay, y en el centro-este de Brasil al sur con el estado de Paraná prefiriendo áreas boscosas (Creighton, 1985); y en cotas que varían desde el nivel del mar hasta los 4000 m s. n. m. Aunque se han descrito y establecido numerosas formas a lo largo de su rango geográfico, solo seis especies se reconocen actualmente como válidas (Gardner, 1993; Palma, 1977).



Figura 4. Mapa de distribución del género *Thylamys* en Perú, Chile, Bolivia, Argentina, Paraguay y Brasil. (Tomado de *Zoology New Series*, N° 102, Barbara E. Brown, 2004).

El registro fósil del género es exiguo e impreciso. Los restos más antiguos han sido reportados por Marshall (1982), para el Plioceno temprano (Montehermosano) de Buenos Aires, Argentina, una localidad no conocida para alguna especie actual de *Thylamys* (Solari, 2002).

### CARACTERES MORFOLÓGICOS

Este individuo se asocia principalmente a la familia Didelphidae debido a la presencia de molares tribosfénicos, el número de molares que tiene y forma general del cráneo como un carácter de naturaleza diagnóstica para este género (Hershkovitz, 1992b). De esta manera, se llega al nivel de género y no de especie debido a que los tejidos epidérmicos se encuentran disecados y adheridos al cráneo dificultando así la observación del sistema óseo (figura 5).

## SISTEMÁTICA

Se presenta la siguiente sistemática de acuerdo con Solari (2002):

Phylum Chordata  
Subphylum Vertebrata  
Clase Mammalia (Linnaeus, 1758)  
Orden Didelphimorphia (Gray, 1821)

Familia Didelphidae (Gray, 1821)  
Subfamily Didelphinae (Gray, 1821)  
Género *Thylamys* (Gray, 1843)  
*Thylamys* sp.



## CONCLUSIONES

La evaluación del posible resto fósil de embrión de un dinosaurio anunciado a la prensa, confirma que no lo es. Sin embargo, la intervención de las autoridades y los medios de prensa llevan a la reflexión: Los hallazgos de evidencias paleontológicas en los terrenos deben ser validados por profesionales especializados en los temas; en las secuencias estratigráficas no solo existen estructuras sedimentarias que se confunden con fósiles, sino que, como este caso, los procesos de descomposición en los

organismos muchas veces adquieren estados de preservación insólitos como la momificación en cuerpos con antigüedad menor a los 10 000 años, que pueden ser confundidos como fósiles.

El caso nos lleva a decir que existe la necesidad de vincular el conocimiento científico con la gestión de los gobiernos locales con el objeto de difundir los hallazgos realizados por la población. En este sentido, se han logrado avances en algunas localidades del país con el propósito de democratizar los conocimientos paleontológicos, tarea que el

Ingemmet sigue desarrollando en su rol promotor de la difusión de las ciencias geológicas.

## AGRADECIMIENTO

Los resultados de la investigación se hicieron con el apoyo de la Dra. Sharon Jansa, especialista de la Universidad de Minnesota, a quien se le agradece por confirmar la determinación del animal en estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- ⊙ **Barbara, E. B. (2004)**, Atlas of New World Marsupials. Zoology New Series, Nº 102. Division of Mammals. Dept. of Zoology Field Museum of Natural History. Chicago, USA.
- ⊙ **Creighton, G. K. (1985)**. Phylogenetic inference, biogeographic interpretations, and the pattern of speciation in Marmosa (Marsupialia: Didelphidae). Acta Zoologica Fenica, 170: 121-124.
- ⊙ **Gardner, A. L. (1993)** Order Didelphimorphia. Pp 15-23, en: "Mammal species of the World a taxonomic and geographic reference" (D. E. Wilson y D. M. Reeder, eds.). Second Ed. Smithsonian Institution Press, Washington.
- ⊙ **Hershkovitz, P. (1992b)**. The South American Gracile mouse opossums, Genus Gracilianus Gardner and Creighton, 1989 (Marmosidae: Marsupialia): A taxonomic review with notes on general morphology and relationships. Fieldiana, Zoology, n.s. 70: 1-56.
- ⊙ **Marshal, L. G. (1982)**. Evolution of South American Marsupialia. Pp 251-272, en: "Mammalian Biology in South America" (M. A. Mares y H. H. Genoways, eds). Special Publications of the Pymatuning Laboratory of Ecology. 6
- ⊙ **Pardo, A. (1996)**. "Fósiles y Fosilización: Procesos y Resultados de la larga Historia Subterránea". Bol. SA, 16. PaleoEntomología: 31-42. Dept. of Geological Sciences, Princeton University. USA. Dept. de Ciencias de la Tierra (Paleontología). Universidad de Zaragoza. España.
- ⊙ **Simpson, B. B. (1979)**. Quaternary biogeography of the high montane regions of South America. Pp. 157-188, en: "The South American herpetofauna: its origin, evolution, and dispersal" (W. E. Duellman, ed.). Monograph of the Museum of natural History, University of Kansas, 7.
- ⊙ **Solari, T. S. A. (2002)**. "Sistemática de Thylamys (Mamamia: Didelphimorphia: Marmosidae): Un estudio de las poblaciones asignadas a Thylamys elegans en Perú". Tesis de Maestría. Mención en Sistemática y Evolución. 131 Pp.
- ⊙ **Tate, G. H. H. (1993)**. A systematic revisión of the marsupial genus Marmosa. Bulletin of the American Museum of Natural History. 66: 1-250.

# CÓMO CONSTRUIR UN MAPA DE PELIGRO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS? MÉTODO COST ACTION 620

Sheyla Palomino Oré

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
spalomino@ingemmet.gob.pe

“Una nación que no puede planificar de manera inteligente para el desarrollo y la protección de sus preciosas aguas, será condenado a marchitarse a causa de su miopía. Las duras lecciones de la historia son claras, por escrito en las arenas del desierto y las ruinas de las que algunas vez fueron civilizaciones orgullosas”. (US Presidente Lyndon B. Johnson, 1908-1973).

Durante los últimos años, se ha venido acentuando la importancia de las aguas subterráneas en su uso doméstico, agrícola, minero e industrial. Si bien es cierto la normativa legal está siendo implementada, esta no pretende ser un instrumento que permita prevenir la contaminación de las aguas subterráneas; sino sólo un medio de fiscalización que a futuro demande medidas correctivas.

Bajo este marco es que se hace necesario establecer una metodología cuantitativa al momento de evaluar los peligros de contaminación en una determinada zona de estudio, para evitarlas. Uno de los métodos más usados actualmente es el establecido por la COST ACTION 620<sup>1</sup>, que bajo su metodología caracteriza, cuantifica y ubica cartográficamente las zonas de peligro focalizado de acuerdo a las actividades que se desarrollan en la zona de estudio.

## METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y CARTOGRAFIADO

La evaluación y cartografía de los peligros de contaminación de las aguas subterráneas como un componente determinante en la estimación del riesgo de contaminación, es una temática que se está desarrollando desde la década de los 90.

La metodología más conocida es la que se presenta a continuación con el método de Hazard Index (HI) desarrollado por De Keteleare et al. (2004) en el marco del programa europeo COST Action 620.

### 1. Definición e inventario de actividades peligrosas

En el contexto de contaminación de agua subterránea, un peligro es definido como la potencial fuente de contaminación resultado de actividades humanas establecidas en superficie. La evaluación de peligros considera por tanto el potencial de contaminación para cada tipo de peligro. Este es determinado por la toxicidad y la cantidad de la sustancia peligrosa, que pueda ser echada al ambiente como resultado de un evento contaminante en muchos casos accidental.

<sup>1</sup> Cooperación técnica para la investigación técnica.

El presente método considera las siguientes variables para su análisis:

La primera variable es **el potencial de contaminación de la actividad** que depende de la diferenciación de uso de suelo en una escala local o regional. Esta se distingue en tres categorías: tipo infraestructural, industrial y agro cultural.

La segunda variable es **el peligro en relación al principal recurso contaminante**, que podría ser sólido o líquido.

En la siguiente tabla se presenta los peligros que podrían existir en un área. Dichos peligros presentan valores, que deben ser usados para la evaluación.

**Cuadro 1**  
**CATEGORÍA Y SUB-CATEGORÍA DE LAS ACTIVIDADES POTENCIALMENTE PELIGROSAS Y LAS PUNTUACIONES POSIBLES DE SU NOCIDIDAD**

CATEGORÍA	SUB CATEGORÍA	NOCIDAD
Infraestructura de desarrollo (A)	Aguas residuales (A1)	85-25
	Residuos municipales (A2)	50-35
	Combustibles (A3)	65-50
	Transporte y tráfico (A4)	60-30
	Instalaciones recreativas (A5)	35-25
	Varios (A6)	35-25
Actividades Industriales (B)	Minería (Activa o abandonada) (B1)	85-60
	Canteras (B2)	30-10
	Explotación de gas y petróleo (B3)	70-40
	Plantas industriales (B4)	85-40
	Plantas energéticas (B5)	65-50
	Almacenaje industrial (B6)	100-45
	Desvió y tratamiento de aguas residuales (B7)	85-40
Actividades Agropecuarias (C)	Ganadería (C1)	45-20
	Agricultura (C2)	60-15



Figura 1. Algunas actividades contaminantes de las aguas subterráneas.

## 2. Requerimiento de la información de las actividades peligrosas

La evaluación del grado de potencial de contaminación para cada tipo de actividad contaminante requiere de la siguiente información: procesos de la actividad, tipos de sustancias peligrosas, cantidades que pueden ser eliminadas al ambiente.

La información para ser colectada para cada tipo de peligro será agrupada considerando: la naturaleza de la actividad, la localización geográfica de la actividad, la caracterización y cuantificación de la producción de desperdicios sólidos y líquidos.

## 3. Cuantificación del índice de peligro

El índice de peligro (HI) describe el grado de peligrosidad de cada actividad. Para ello se deberá aplicar la siguiente ecuación:

$$HI = H \times Q_n \times R_f$$

- HI : Índice de peligro
- H : Peso de la actividad peligrosa
- Q<sub>n</sub> : Cantidad de sustancia peligrosa
- R<sub>f</sub> : Factor de reducción

El cuadro 1 determina el peso de la actividad peligrosa (H). Los valores numéricos mostrados varían entre 10 y 100. Dependiendo de cuán peligrosa es considerada cada actividad en orden de magnitud.

Asimismo será necesario cuantificar la cantidad de cada sustancia peligrosa (Q<sub>n</sub>), la que puede ser expulsada al ambiente y que podría infiltrarse a las aguas subterráneas. Estos valores varían

entre 0.8 y 1.2 en orden de cuantificar si es alta intensidad o baja.

El tercer parámetro a considerar es el factor de reducción (R<sub>f</sub>), este coeficiente provee una evaluación de la probabilidad de ocurrencia de la actividad contaminante. Si esta información no está disponible se recomienda usar el valor de 1.

## 3. Construcción del mapa de peligro

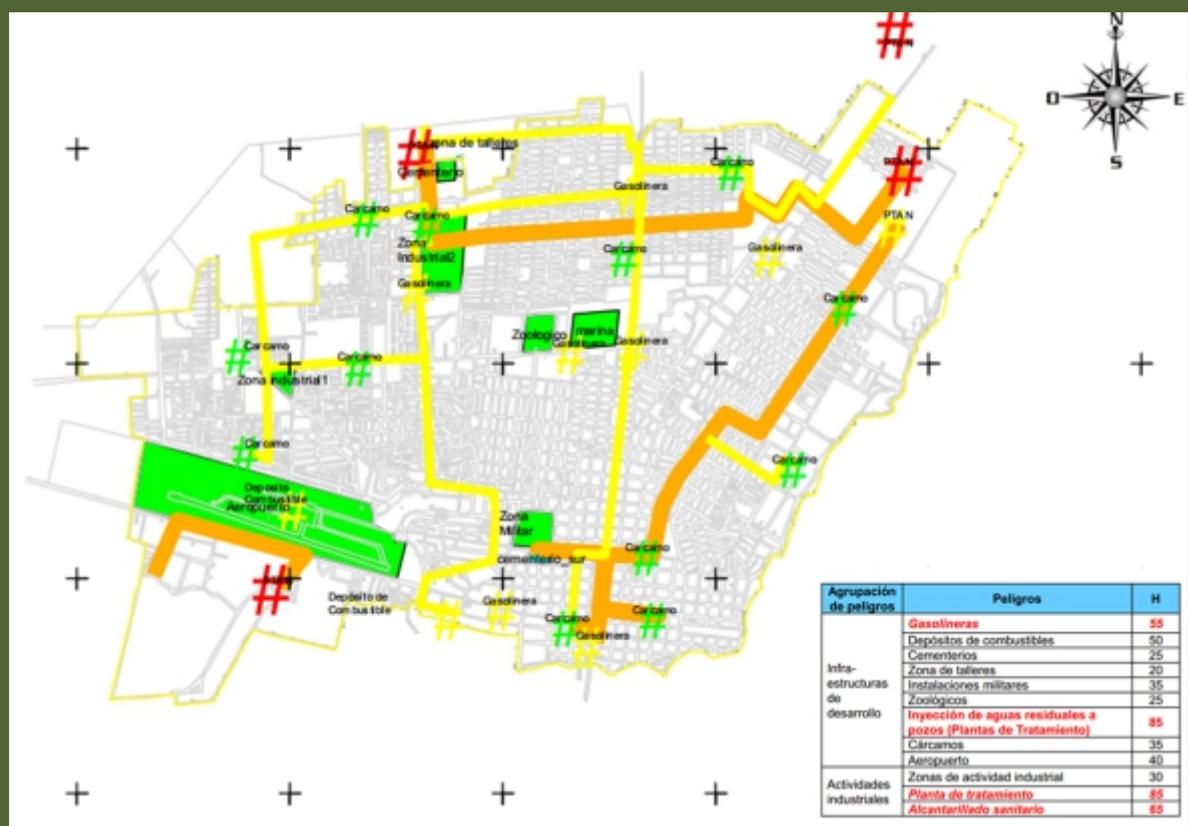
La interpretación gráfica del peligro es importante, por lo que teniendo los índices de peligro estos pueden ser ubicados geográficamente en un mapa de peligros. Para este fin es necesario utilizar el sistema de información geográfica (GIS). Los colores representan el grado de potencial de peligrosidad de cada actividad.

## 4. Construcción del mapa de peligro

La interpretación gráfica del peligro es importante, por lo que teniendo los índices de peligro estos pueden ser ubicados geográficamente en un mapa de peligros. Para este fin es necesario utilizar el sistema de información geográfica (GIS). Los colores representan el grado de potencial de peligrosidad de cada actividad.

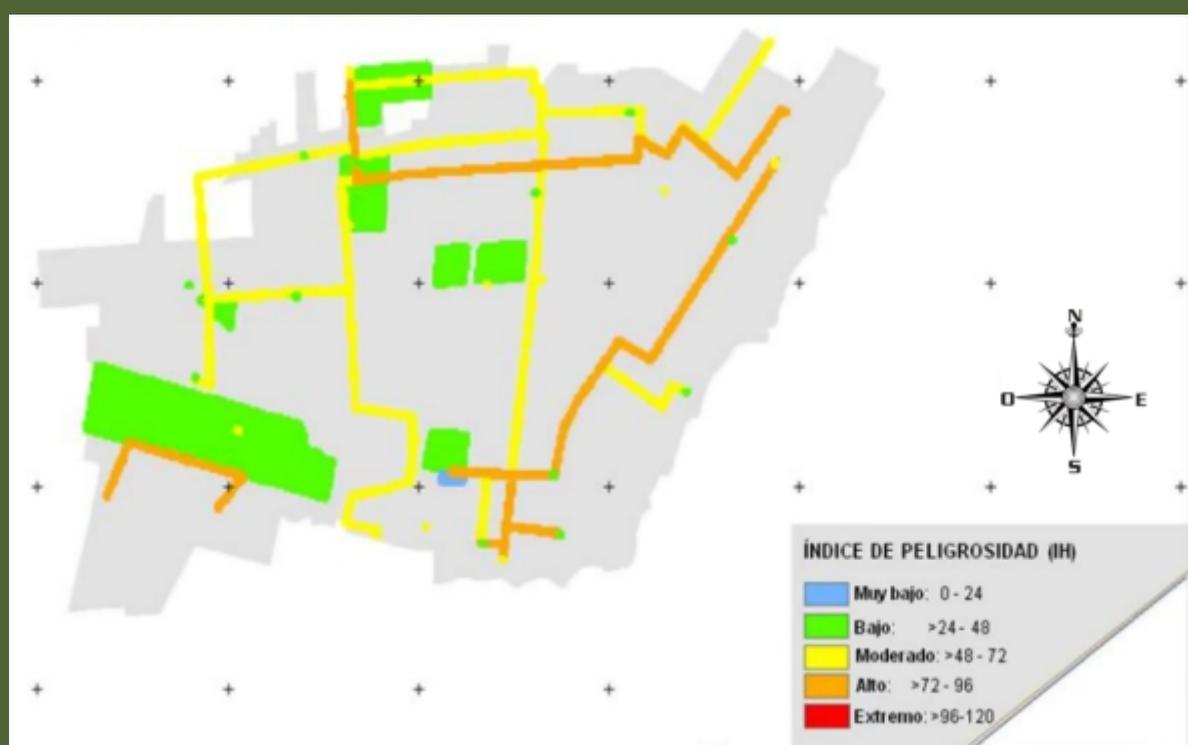
Cuadro 2  
Índices y niveles de peligro

Índice de peligro	Nivel de peligro	Color
0-24	Muy bajo	Azul
24-48	Bajo	Verde
48-72	Moderado	Amarillo
72-96	Alto	Naranja
96-120	Muy alto	Rojo



Mapa 1. Mapa de actividades peligrosas

Fuente: Canto Martín, J. C. México 2011



Mapa 2. Mapa de peligros

Fuente: Canto Martín, J. C. México 2011



## el dato

El peligro se define según Warner (1992) como un evento o proceso continuo susceptible de degradar, directa o indirectamente, la calidad del medio ambiente. La peligrosidad es función de la probabilidad y severidad con que un determinado peligro se manifiesta en el territorio.

### CONCLUSIONES

Los intervalos del índice HI con los que se elabora el mapa de peligrosidad indican que solamente los peligros con una nocividad superior a 60 y 80 (Valor del factor H) pueden alcanzar una clase de peligrosidad "Alta" o "Muy alta", respectivamente.

La metodología presentada muestra un elevado sesgo en la peligrosidad de las actividades y elementos del medio humano. La peligrosidad de la actividad industrial es mucho más elevada que la relacionada con la actividad agropecuaria y urbanís-

tica. Sin embargo aún falta adaptar muchas otras actividades que se desarrollan en nuestro país, las que no fueron cuantificadas con el potencial de peligrosidad de forma más específica, dentro de ellas las actividades mineras. Esta nueva adaptación deberá considerar las nuevas tecnologías y procesos mineros para hacer más específico y real la identificación de las actividades con mayor peligro de contaminación.

Finalmente el objetivo último en la identificación de peligros de contaminación es reconocer las actividades peligrosas para luego tomar las medidas necesarias que lleven a aminorar los peligros de contaminación de las aguas subterráneas.

### REFERENCIA

**Canto Martín, J. C; Herrera González, R; Osorio Rodríguez, H; García Sosa J; Sánchez y Pinto, I. y Mandujano Sánchez, P. (2009).** Evaluación del riesgo a la contaminación de las aguas subterráneas de Chetumal, Quintana Roo. México.

**COST 620 (2008).** Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. Unión.

**Vrba, J. y Zaporozec, A. (1994).** Guidebook on mapping groundwater vulnerability.



Para determinar la existencia de terrenos de uso agrícola dentro de las áreas de los petitorios mineros no metálicos

# ¿Quién es la autoridad competente?

Milagros Cuéllar Joaquín

Dirección de Concesiones Mineras  
mcuellar@ingemmet.gob.pe

**El artículo 14 del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM, establece la prohibición expresa de otorgar concesiones mineras no metálicas en tierras rústicas o terrenos de uso agrícola precisando que entre estas últimas no deben ser considerados los pastos naturales. Esta prohibición no alcanza a los petitorios mineros metálicos.**

Las concesiones mineras se otorgan por sustancias metálicas o no metálicas. Entre las sustancias metálicas tenemos el oro, la plata, el cobre, hierro, zinc, plomo, estaño, níquel, aluminio y platino, mientras que entre las sustancias no metálicas tenemos a los materiales de construcción (arenas, gravas, granitos, yeso, piedra natural, entre otros) y minerales industriales como sales, potasas, arcillas blancas, bentonita, barita, magnesita, turba y flúor.

Cuando en la evaluación técnica de un petitorio minero no metálico se advierte, en la carta nacional correspondiente del Instituto Geográfico Nacional (IGN), que el pedimento minero se superpone a posible zona agrícola, surge en la autoridad minera el deber de solicitar a la “autoridad agraria competente” lo siguiente:

Informe si dentro del área del petitorio minero no metálico existen tierras rústicas de uso agrícola,

precisando en porcentaje el grado de superposición (parcial o total) de ser el caso; y

<sup>(1)</sup> Proporcione el plano correspondiente en el que se grafique e indique en coordenadas UTM (precisando el dátum utilizado: WGS84 ó PSAD56) el área del petitorio minero no metálico, y las áreas correspondientes a tierras rústicas de uso agrícola existentes en esta.

Dicha información es requisito para que la autoridad minera ordene el respeto de tierras rústicas de uso agrícola existentes dentro del área del petitorio minero no metálico, en caso de superposición parcial; o para cancelar este, en caso de superposición total, en aplicación de la prohibición antes referida.

Y ¿qué autoridad es la competente para determinar la existencia de tierras rústicas de uso agrícola dentro de las áreas de los petitorios mineros no metálicos? Veamos:

<sup>1</sup> Término entendido como la “imposibilidad de ejercer actividad minera” de acuerdo a reiterada jurisprudencia del Consejo de Minería.

El literal n) del artículo 51 de la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, Ley N° 27867<sup>2</sup>, establece como función de los gobiernos regionales en materia agrarias, el “promover, gestionar y administrar el proceso de saneamiento físico-legal de la propiedad agraria, con la participación de actores involucrados, cautelando el carácter imprescriptible, inalienable e inembargable de las tierras de las comunidades campesinas y nativas”.

Mediante Decreto Supremo N° 005-2007-VIVIENDA<sup>3</sup>, se aprobó la fusión por absorción del Proyecto Especial Titulación de Tierras y Catastro Rural (PETT) con el Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (Cofopri), correspondiéndole a este último la calidad de entidad incorporante, y se dispuso que una vez concluido el proceso de fusión, toda referencia al PETT o a las competencias, funciones y atribuciones que este venía ejerciendo, se entenderán referidas a Cofopri.

Con la dación del Decreto Legislativo N° 1089<sup>4</sup>, Cofopri asume de manera temporal, por un período de cuatro (04) años desde su entrada en vigencia<sup>5</sup>, las competencias para la formalización y titulación de predios rústicos y tierras eriazas habilitadas. Esta tarea comprende el levantamiento, modernización, consolidación, conservación y actualización del catastro rural del país.

El artículo 5 del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1089, aprobado por Decreto Supremo N° 032-2008-VIVIENDA<sup>6</sup>, señala que Cofopri es la entidad competente para ejecutar los procedimientos establecidos en el Decreto Legislativo N° 1089, en tanto no se transfieran los mismos a los gobiernos regionales.

En el artículo 2 del Decreto Supremo N° 012-2007-VIVIENDA<sup>7</sup>, modificado por el Decreto Supremo N° 074-2007-PCM, se estableció que Cofopri es el responsable de la transferencia a los gobiernos regionales de la función específica contenida en el literal n) del artículo 51 de la Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales. Posteriormente, el Decreto Supremo N° 088-2008-PCM<sup>8</sup>, precisó que corresponde al Ministerio de Agricultura, conjuntamente con el

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a través de Cofopri, la transferencia a los gobiernos regionales de la referida función.

Por Resolución Ministerial N° 114-2011-VIVIENDA<sup>9</sup> se declaró concluido el proceso de efectivización de la transferencia de las competencias de la función específica establecida en el literal n) del artículo 51 de la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales a los gobiernos regionales de Amazonas, Áncash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Callao, Huancavelica, Huánuco, Ica, Junín, La Libertad, Lima, Loreto, Pasco, Puno, San Martín, Tacna, Tumbes y Ucayali. Asimismo, por Resolución Ministerial N° 161-2011-VIVIENDA<sup>10</sup> se declaró concluido el referido proceso para los gobiernos regionales de Cusco, Madre de Dios, Moquegua, Piura y la Municipalidad Metropolitana de Lima.

De lo anterior, se tiene que, a la fecha, desde hace ya más de dos años, **los gobiernos regionales son los competentes para ejercer la función específica consistente en “promover, gestionar y administrar el proceso de saneamiento físico-legal de la propiedad agraria, con la participación de actores involucrados, cautelando el carácter imprescriptible, inalienable e inembargable de las tierras de las comunidades campesinas y nativas”**, salvo los gobiernos regionales de Arequipa y Lambayeque cuyo proceso de transferencia de esta función aún no se encuentra concluido, entendiéndose que Cofopri conserva el ejercicio de su competencia en dichos departamentos.

No obstante, mediante el Oficio N° 002-2012-GOB.REG.GRDE-DRA-HVCA/DSFLPA y Oficio N° 003-2012-GOB.REG.GRDE-DRA-HVCA/DSFLPA, ambos de fecha 6 de enero de 2012, además de otros oficios, el Gobierno Regional de Huancavelica, a través de su Dirección Regional Agraria, señaló reiteradamente al Ingemmet no ser competente para proporcionar la información sobre la existencia de tierras rústicas de uso agrícola en las áreas de los petitorios mineros no metálicos.

La negativa del Gobierno Regional de Huancavelica motivó que por Oficio N° 840-2012-INGEMMET-DCM de fecha 27 de abril de 2012, el Ingemmet

<sup>2</sup> Publicada en el Diario Oficial El Peruano el 18 de noviembre de 2002.

<sup>3</sup> Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 22 de febrero de 2007.

<sup>4</sup> Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 28 de junio de 2008.

<sup>5</sup> El Decreto Legislativo N° 1089 entró en vigencia desde el día siguiente de la publicación de su Reglamento en el Diario Oficial El Peruano, esto es, desde el 15 de diciembre de 2008.

<sup>6</sup> Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 14 de diciembre de 2008.

<sup>7</sup> Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 21 de abril de 2007.

<sup>8</sup> Publicado en el Diario Oficial El Peruano el 31 de diciembre de 2008.

<sup>9</sup> Publicada en el Diario Oficial El Peruano el 18 de mayo de 2011.

<sup>10</sup> Publicada en el Diario Oficial El Peruano el 28 de julio de 2011.

solicitara a la Oficina General de Asesoría Jurídica del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento determinar a qué organismo compete informar sobre la existencia de tierras rústicas de uso agrícola en las áreas de los petitorios mineros no metálicos. La consulta efectuada fue derivada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento a Cofopri para su absolución correspondiente.

En respuesta al Oficio N° 840-2012-INGEMMET-DCM de fecha 27 de abril de 2012, el Secretario General de Cofopri remitió el Oficio N° 0117-2013-COFOPRI/SG de fecha 08 de marzo de 2013, alcanzando el Informe N° 050-2013-COFOPRI/OAJ de fecha 04 de marzo de 2013, en el que se concluye, entre otros, lo siguiente:

- (1) El procedimiento para la expedición del “certificado de área de uso agrícola del predio” tiene por finalidad determinar en la base gráfica si existen o no áreas rústicas agrícolas dentro de los denuncios mineros no metálicos y en caso de requerirse, efectuar la inspección ocular.
- (2) El procedimiento para la expedición del “certificado de área de uso agrícola del predio” es, a la fecha, competencia de las Direcciones Regionales Agrarias de los gobiernos regionales, salvo en los departamentos de Arequipa y Lambayeque donde no se ha efectivizado la transferencia de dicha competencia, correspondiéndole aún a Cofopri llevar a cabo dicho procedimiento.

Queda claro entonces que es deber de los **gobiernos regionales, a través de sus Direcciones Regionales Agrarias o quien hagan sus veces, informar al Ingemmet sobre la existencia de tierras rústicas de uso agrícola en el área de los petitorios mineros no metálicos, y en caso de no contar con dicha información deben efectuar una diligencia de inspección ocular para determinar in situ su existencia;** salvo en los departamentos de Arequipa y

Lambayeque, en los que dicho deber continúa correspondiendo a Cofopri.

Finalmente, cabe señalar que, en muchos casos a la fecha, el Ingemmet viene recibiendo de la autoridad agraria competente informes que resultan insuficientes y confusos, llegando algunos de estos incluso a ser evasivos. Así, por ejemplo: (1) la Dirección Regional de Agricultura del Gobierno Regional de Cajamarca viene informando reiteradamente que la información sobre la existencia de tierras rústicas de uso agrícola que brinda es de carácter referencial y que para obtener información actualizada esta debe ser solicitada a Cofopri, alegando que es de competencia de este organismo efectuar inspección in situ<sup>11</sup>; (2) la Dirección Regional de Formalización de la Propiedad Rural (Direfor) del Gobierno Regional de Lima menciona en cada una de sus respuestas que la información que brinda es referencial, de consulta y de carácter informativo<sup>12</sup>; (3) la Oficina Zonal de Arequipa de Cofopri no proporciona los planos que grafiquen en coordenadas UTM la superposición de los petitorios mineros no metálicos a zona agrícola alegando que no está regulado como procedimiento administrativo vigente previsto por su TUPA<sup>13</sup>; entre otros.

La situación antes referida viene ocasionando demora en la tramitación de los petitorios mineros no metálicos que según la carta nacional correspondiente se encuentran en posible zona agrícola, dado que en aplicación del principio de verdad material<sup>14</sup>, para poder determinar si corresponde o no continuar su trámite, la autoridad minera requiere de un informe que posea carácter definitivo (y no referencial) y el plano correspondiente. En los referidos casos, el Ingemmet viene reoficiando una o más veces a la autoridad agraria competente, enfatizando en la forma en que debe complementar su información o desvirtuando su negativa de efectuar inspección ocular y proporcionar el plano correspondiente.

<sup>11</sup> Véase el Oficio N° 442-2013-GR-CAJ-DRA/DTTCR de fecha 03 de junio de 2013, Oficio N° 401-2013-GR-CAJ.DRA/DTTCR de fecha 17 de mayo de 2013 y Oficio N° 397-2013-GR-CAJ.DRA/DTTCR de fecha 17 de mayo de 2013.

<sup>12</sup> Véase el Oficio N° 0349-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 12 de julio de 2013, Oficio N° 0344-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 12 de julio de 2013, Oficio N° 0343-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 12 de julio de 2013, Oficio N° 0342-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 12 de julio de 2013, Oficio N° 0341-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 12 de julio de 2013, Oficio N° 0336-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 10 de julio de 2013, Oficio N° 0333-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 10 de julio de 2013, Oficio N° 0327-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 10 de julio de 2013, Oficio N° 0316-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 04 de julio de 2013, Oficio N° 0315-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 04 de julio de 2013, Oficio N° 0314-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 04 de julio de 2013 y Oficio N° 0313-2013-GRL/GRDE/DIREFOR/ALLA de fecha 04 de julio de 2013.

<sup>13</sup> Véase el Oficio N° 3918-2012-COFOPRI/OZARE de fecha 28 de diciembre de 2012, Oficio N° 1652-2012-COFOPRI/OZARE de fecha 30 de mayo de 2012, Oficio N° 1019-2012-COFOPRI/OZARE de fecha 13 de abril de 2012 y Oficio N° 1032-2012-COFOPRI/OZARE.

<sup>14</sup> Principio consagrado en el numeral 1.11 del artículo IV de la Ley del Procedimiento Administrativo General, Ley N° 27444, cuyo tenor literal a continuación se reproduce:

1.11. Principio de verdad material.- En el procedimiento, la autoridad administrativa competente deberá verificar plenamente los hechos que sirven de motivo a sus decisiones, para lo cual deberá adoptar todas las medidas probatorias necesarias autorizadas por la ley, aun cuando no hayan sido propuestas por los administrados o hayan acordado eximirse de ellas.

(...)

# DEMARCACIÓN TERRITORIAL

## Para uso y fines mineros



Diana Camayo Cachuan

Dirección de Catastro Minero  
dcamayo@ingemmet.gob.pe

¿Cuál es la cartografía que demarca las circunscripciones territoriales de los distritos y provincias del país, que Ingemmet considera para la distribución de los ingresos correspondientes por derecho de vigencia y penalidad entre las municipalidades distritales y provinciales, así como para la ubicación de los derechos mineros en el territorio nacional? Entérate en este artículo.

La demarcación territorial y organización territorial en el Perú se encuentra regulada por la Ley 27795, Ley de Demarcación y Organización Territorial, publicada en el Diario Oficial El Peruano el 25 de febrero del 2002, y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 019-2003-PCM, publicado el 24 de febrero del 2003.

Actualmente, el territorio peruano se encuentra dividido en 195 provincias y 1840 distritos. Del total de provincias, solo el 42 % cuenta con Estudio de Diagnóstico y Zonificación (EDZ). El otro 58 % está en proceso de formulación del estudio o no tiene dicho estudio<sup>1</sup>.

La demarcación territorial es un proceso técnico-geográfico que juega un rol importante en el desarrollo de la regionalización y la descentra-

lización en el que está abocado el Estado. La demarcación territorial está orientada principalmente a ordenar y organizar el territorio nacional en función a la división administrativa nacional (local, regional y nacional) cuyas jurisdicciones presentan carencia o imprecisión de límites territoriales.

En ese contexto, la Presidencia del Consejo de Ministros, a través de la Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial (DNTDT), es la encargada de conducir el proceso de demarcación y organización territorial, en coordinación con los gobiernos regionales y la participación de los gobiernos locales. La finalidad es lograr el saneamiento de los límites de las circunscripciones político-administrativas y la división racional del territorio, dentro de un marco técnico y normativo moderno.

<sup>1</sup> Información ubicada en la página web de la Dirección Nacional Técnica de Demarcación Territorial.

Es pertinente precisar las siguientes definiciones para comprender mejor el tema:

- ⊙ **Demarcación territorial.** Es el proceso técnico-geográfico mediante el cual se organiza el territorio a partir de la definición y delimitación de las circunscripciones político-administrativas a nivel nacional. Es aprobada por el Congreso a propuesta del Poder Ejecutivo.
- ⊙ **Circunscripciones político-administrativas.** Son las regiones, departamentos, provincias y distritos, que de acuerdo a su nivel determinan el ámbito territorial de gobierno y administración. Cada circunscripción política cuenta con una población caracterizada por su identidad histórico-cultural, y un ámbito geográfico, soporte de sus relaciones sociales, económicas y administrativas.
- ⊙ **Cartografía Digital Censal.** Es aquella elaborada por el INEI y que demarca las circunscripciones territoriales de los distritos, provincias y departamentos del país, con fines censales.
- ⊙ **Distrito.** Circunscripción territorial base del sistema político-administrativo, cuyo ámbito constituye una unidad geográfica (subcuenca, valle, piso ecológico, etc.), dotado con recursos humanos, económicos y financieros; asimismo, será apta para el ejercicio de gobierno y la administración. Cuenta con una población caracterizada por tener identidad histórica y cultural que contribuye con la integración y desarrollo de la circunscripción.
- ⊙ **Provincia.** Circunscripción territorial del sistema político-administrativo, cuyo ámbito geográfico conformado por distritos constituye una unidad geoeconómica, con recursos humanos y naturales que le permiten establecer una base productiva adecuada para su desarrollo y el ejercicio del gobierno y la administración.

## Objetivos de la demarcación territorial

De acuerdo a lo señalado en el artículo 3 de la Ley 27795, Ley de Demarcación y Organización Territorial, los objetivos de la demarcación territorial son:

- ⊙ Definir circunscripciones territoriales de nivel distrital, provincial y departamental, que garanticen el ejercicio del gobierno y la administración, y faciliten la conformación de las regiones.
- ⊙ Generar información de carácter técnico-cartográfica que contribuya en la elaboración de los planes de desarrollo de nivel local, regional y nacional.

## Demarcación territorial para uso y fines mineros

- ⊙ Al no disponer de una demarcación territorial oficial de la totalidad de provincias y distritos del país, el 18 de enero del 2001 se publicó en el Diario Oficial El Peruano el Decreto Supremo N° 002-2001-EM, por el cual se autorizó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet, ex INACC) a utilizar la Cartografía Digital Censal elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), para efectos de la distribución de los ingresos provenientes del derecho de vigencia y penalidad entre las municipalidades distritales y provinciales, así como para la ubicación de los derechos mineros en el ámbito nacional.
- ⊙ El Ingemmet periódicamente actualiza el Mapa de Demarcación Territorial del Perú en su base de datos gráfica y alfanumérica, según la información que proporciona el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). En ese sentido, se debe indicar que la última actualización del Mapa de Demarcación Territorial del Perú fue realizada el 02 de octubre del 2013, de acuerdo a la información proporcionada por el INEI mediante Oficio N° 145-2013-INEI/DNCE-DECG.



# FORO INTERNACIONAL DE PELIGROS GEOLÓGICOS 2013

## SUPERA RECORD DE ASISTENCIA CON MÁS DE 40 CIENTÍFICOS INTERNACIONALES

### 14 al 16 de octubre, Arequipa

A fin de generar un espacio de difusión y análisis sobre los diversos peligros geológicos y su impacto en la sociedad y el medio ambiente, del 14 al 16 de octubre último se realizó en la Universidad Católica de Santa María en Arequipa, el Foro Internacional de Peligros Geológicos “Volcanes, sismos y movimientos en masa” organizado por el INGEMMET.

Las conferencias se iniciaron con la ceremonia de inauguración a cargo de la Presidenta del Consejo Directivo, Susana Vilca quien resaltó que en Arequipa y en el sur del país confluyen todos los tipos de peligros geológicos y la reducción del riesgo de desastres debe ser una tarea permanente y multisectorial. Asimismo las palabras de bienvenida estuvieron a cargo del Rector de la Universidad Católica de Santa María, Abel Tapia junto al responsable de Defensa Civil del Concejo Provincial, José Vásquez Hallasi quien felicitó al INGEMMET por la calidad de los más de 40 expositores que congrega.

Cabe resaltar que el foro congregó a más de 500 participantes, durante los tres días, provenientes de la macro región sur, entre profesionales que trabajan en evaluación de escenarios de riesgos sistemas de alerta temprana y monitoreo de peligros, reducción de desastres, manejo de emergencias y planificación urbana; así como estudiantes universitarios.

Durante el evento el Ing. Lionel Fidel, Presidente de la Comisión Organizadora resaltó que en el Foro se transmitieron experiencias de varios países, sobre investigaciones geocientíficas, prevención y reducción de riesgos, así como acciones de preparación, respuesta y rehabilitación.

#### RENOMBRADOS CIENTÍFICOS

Entre los expositores internacionales, resalta la participación de la Dra. Pascale Metzger del Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia – IRD y el Mag. Eliecer Duarte, del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, quienes expusieron sobre el Análisis de la Vulnerabilidad de Lima y Callao para mejorar su preparación ante un sismo de gran magnitud y sobre erupciones freáticas del Volcán Turrialba, respectivamente.



Los Doctores Pablo Samaniego y Benjamín Van Wyk de Vires, del Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia (IRD) y el Laboratorio Magmas y Volcanes de Francia también estuvieron presentes.

Asimismo, el Foro contó con el desarrollo de dos Cursos Internacionales: Elaboración de Mapas de Peligros Geológicos y el Curso de Sismología Volcánica, los cuales estuvieron a cargo del Dr. Hugo Delgado de la UNAM de México, y del Dr. Randall White del United States Geological Survey (USGS).

Asimismo participaron los Doctores José Úbeda Palenque, de la Universidad Complutense de Madrid y Alberto Tomas Caselli, de la Universidad Nacional de Río Negro, de la Asociación Latinoamericana de Volcanología, (ALVO) de Argentina y el M.Sc. Eliecer Duarte, del Observatorio Vulcano-lógico y Sismológico de Costa Rica.

Entre los expositores nacionales participaron el Ingeniero Alberto Bisbal Sanz, del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), el Dr. Carlos Zavala Toledo, del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigaciones de Desastres (CISMID) y el Dr. Hernando Tavera, del Instituto Geofísico del Perú (IGP), entre otros destacados profesionales de diversas instituciones, entre ellas el CENEPRED e INGEMMET.

### MESA REDONDA

El Foro Internacional culminó con el desarrollo de una Mesa Redonda, cuya temática fue “La Gestión de Riesgo de Desastres”, en la que participó la Presidenta del INGEMMET, Ing. Susana Vilca, quien expuso junto a otras reconocidas personalidades del ámbito científico. Entre ellos el Gral. Alfredo Murgueytio, Jefe Nacional de INDECI, Miguel Llorente de España IGME y Juvenal Medina de Welt Hunger Hilfer- Agro Acción Alemana.

De esta manera, el encuentro científico cumplió con total éxito su principal objetivo, el de generar un espacio de difusión y análisis sobre los diversos peligros geológicos y su impacto en la sociedad y el

medio ambiente, a fin de reducir el riesgo de desastres originados por estos fenómenos naturales. Acompañado del acto de clausura a cargo de la Presidenta del Consejo Directivo del INGEMMET, Ing. Susana Vilca.

“El Foro Internacional de Peligros Geológicos llega a su fin, hemos tenido 3 días fructíferos con temas muy importantes. Yo sinceramente agradezco la presencia de nuestros invitados extranjeros que han estado con nosotros compartiendo sus experiencias, porque de éstas aprendemos y recogemos lo que podríamos aplicar en materia de gestión de riesgos”.

Asimismo, la presidenta resaltó la importancia sobre la prevención de este tipo de peligros en nuestro país, la cual señaló ser de vital importancia para su gestión, y se comprometió a seguir trabajando por la adecuada difusión en el manejo de riesgos y vulnerabilidades geológicas.

De la misma forma, el Gral. Alfredo Murgueytio, Jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú, quien también estuvo presente en la ceremonia de clausura de este importante evento, felicitó la realización del mismo y animó a sus organizadores a continuar con su difusión sobre este tipo de temas.



## el dato

También se realizaron charlas descentralizadas post Foro Internacional de Peligros Geológicos con éxito en las ciudades de Ilo, Moquegua y Tacna a cargo de ponentes nacionales e internacionales, con la finalidad de transmitir conocimientos básicos de sismología volcánica y reducir el riesgo de desastres por peligros geológicos.



Primer Simposio Internacional de Paleontología del Perú

## ¿Sabías que el PERÚ cuenta con una riqueza PALEONTOLÓGICA EXCEPCIONAL?

Si efectivamente la investigación paleontológica en el país va por buen camino y el hallazgo de más y nuevas especies, contribuyen al conocimiento de la evolución de las plantas y animales en esta parte del continente.

Todas estas afirmaciones fueron expuestas en el Primer Simposio de Paleontología del Perú que tomo lugar en el Auditorio de la Sociedad Geológica del Perú el 12 y 13 de Setiembre último; con el objetivo principal de propiciar el encuentro de investigadores en las diversas categorías fósiles estudiadas del territorio nacional.

La ceremonia inaugural se inició con el Presidente de la Comisión Organizadora, Ing. Cesar Chacaltana junto a la Ing. Carmen Matos Ávalos, vicepresidenta del Consejo Directivo del INGEMMET y al Ing. Guido Del Castillo, Presidente del Museo de Minerales “Andrés del Castillo”. Asimismo contando con la presencia de reconocidos científicos de España, Argentina y Perú. Entre ellos Juan Carlos Gutiérrez-Marco, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas-España; Sixto Rafael Fernández-López, Universidad Complutense de Madrid y el científico argentino Norberto Malumián, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – Argentina.

Durante los dos días de ponencias se expusieron estudios que permitirán comprender mejor los actuales cambios del clima y predecir su comportamiento futuro en los simposios temáticos Microfósiles: registro temporal–espacial, significado y aplicaciones y en el de Paleobotánica: registros, aplicaciones y perspectivas o la relación entre la Paleontología con la economía, vertebrados fósiles: evidencias de su evolución, adaptación y biodiversidad entre otros.

Asimismo, en la ceremonia de clausura, tras una jornada de dos días, la Ing. Susana Vilca, Presidenta del INEMMET reconoció a los expositores internacionales entre ellos el Dr. Miguel Manceñido, paleontólogo de invertebrados de la Universidad Nacional de La Plata y del Museo de Ciencias Naturales de la Plata (Argentina), Kenneth E. Campbell, curador del Museo Paleontológico de Los Ángeles. Así como también fue reconocido Víctor Benavides Cáceres, presidente del Comité Consultivo.

“Este primer simposio debe constituir el punto de partida para difundir el conocimiento acerca de una ciencia de mucha importancia para el desarrollo de los países, sobre todo para los que hacen uso de sus recursos naturales”, afirmó Susana Vilca durante la ceremonia realizada en el Museo de Minerales “Andrés Del Castillo”.



## INGEMMET participa en la XIX Asamblea General de ASGMI en Argentina

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet) participó en la XIX Asamblea General Ordinaria de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI), que se realizó entre el 10 al 12 de setiembre en la ciudad de Buenos Aires (Argentina).

De acuerdo a la resolución suprema del Ministerio de Energía y Minas, la Asamblea se desarrolló bajo el lema "Infraestructura Geológica, Minería y Medio Ambiente".

La participación de Ingemmet se realiza en atención a la invitación del Servicio Geológico Minero Argentino (Segemar), en cumplimiento de los acuerdos tomados en la XVIII Asamblea General de ASGMI.

La Asamblea fue el ámbito para dialogar y compartir experiencias sobre la actual problemática ambiental y social por la que atraviesa la minería en los países asociados tales como: México, Brasil, República Dominicana, Uruguay, Ecuador, Colombia, Cuba,

Chile, Argentina, España, Perú, entre otros. Así como para analizar y definir el rol de la Asamblea General de ASGMI.

El rol del ASGMI se analizó desde aspectos como el fomento de la cooperación horizontal entre asociados, o la definición de estrategias para que la Asociación, con su nuevo carácter de organización con personalidad jurídica propia, pueda configurarse como ente de arbitraje y mediación ante los conflictos mineros en la región.

En representación de Ingemmet participó, la presidenta del Consejo Directivo, Susana Gladis Vilca quien destacó la importancia del certamen toda vez que es una oportunidad para evaluar el rol de los servicios geológicos en temas de coyuntura en los países de Iberoamérica e intercambiar experiencias y estrategias de carácter científico, técnico y de divulgación en el ámbito de la geología, minería, aguas subterráneas, el medio ambiente y otras materias afines.



# INGEMMET PARTICIPA EN EL RURAL TOUR HUAYLLAY 2013

El grupo de trabajo del proyecto Patrimonio Geológico en Perú, de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET, en coordinación con SERNANP y el Gobierno Regional de Pasco participaron durante el **XVII Rural Tour Huayllay 2013**, los días 6, 7 y 8 de setiembre en la localidad de Canchacucho, ingreso al Santuario Nacional de Huayllay (SNH) o Bosque de Rocas de Huayllay, una de las siete maravillas naturales del país.

La participación de INGEMMET se centró en la difusión del Patrimonio Geológico del SNH, haciendo notar la importancia de la geología, la geoconservación de ésta área natural protegida, laboratorio geológico natural y la necesidad de su puesta en valor para el geoturismo.

Durante este evento se realizó la **“II CAMINATA GEOTURISTICA GUIADA CANCHACUCHO - HUAYLLAY”** contándose con la participación de estudiantes y docentes en turismo del Instituto de Turismo de Pasco, estudiantes de geología de la UNDAC, profesionales de SERNANP, DIRCETUR Pasco, Municipalidad de Huayllay, Prensa Regional y pobladores locales, concitando MUCHA expectativa en la población. El recorrido de 11 km permitió explicar el origen de los paisajes y recursos que brinda el bosque de rocas, su historia geológica, conocer la diversidad geológica (rocas, fósiles, figuras pétreas, geoformas,

ingenios mineros, etc.), pinturas rupestres y zonas arqueológicas. Sin duda la geología fue la protagonista de la ruta haciendo entender la propuesta este recurso como una herencia de la Tierra, proyecto de vida para el desarrollo sostenible de las futuras generaciones de Pasco.

Asimismo, durante los dos días restantes de la feria en Huayllay, INGEMMET presentó un stand con éxito, haciendo conocer mediante material de difusión (afiches, trípticos), la geología del bosque de rocas, las rutas geoturísticas y el concepto sobre la propuesta de Huayllay como un futuro geoparque nacional. Se recalcó la importancia del conocimiento geológico de Huayllay y de los trabajos que realiza INGEMMET a nivel nacional como servicio geológico en beneficio de la sociedad.

La realización de estas actividades de acercar la geología a la sociedad, destacando la importancia del Santuario Nacional de Huayllay, su valor científico, sus aspectos culturales, didáctico-educativos, el geoturismo como una alternativa de desarrollo local y la concientización ambiental (conservación y preservación del mismo), conllevan a la necesidad de involucramiento directo de las poblaciones locales, componente fundamental para la sostenibilidad de la propuesta de conservación del patrimonio geológico de Pasco, de Huayllay y del país.



# INGEMMET presente en PERUMIN 31° CONVENCION MINERA



A través de tres ponencias el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet fue reconocido en la 31° Convención Minera realizada en la ciudad de Arequipa el pasado mes de setiembre.

La primera ponencia estuvo a cargo del Ing. Jorge Acosta, Jefe del Programa de Metalogenia de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del Ingemmet, con el tema “Cobre en el Perú: Hechos y Retos hacia el futuro”, destacando que nuestro país cuenta con 21 proyectos mineros de cobre, los cuales bajo un escenario optimista entrarán en producción entre el 2013 y el 2019, representando un adicional de 3.7 millones de toneladas finas de cobre.

También señaló que en el año 2012 la producción de cobre en el Perú fue de 1.3 millones de toneladas finas, ocupando el tercer lugar en el mundo desde el 2011, después de Chile y China.

Asimismo la Ingeniera Miriam Mamani, ex colaboradora de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del Ingemmet a cargo del tema “Controles de Mineralización en los Andes Peruanos: evolución tectónica y tipos de magmas asociados”.

## GEOCATMIN A LA VANGUARDIA DE LA TECNOLOGÍA

El Sistema Catastral Minero más conocido como el GEOCATMIN tuvo lugar en las conferencias brindadas pues se realizó una presentación interactiva de su uso en un sistema de teléfono móvil para lo cual se usó un Iphone y se indicó que dicho aplicativo está disponible para sistemas Adroid y Apple a cargo del Ing. William Hanco, ex Director de la Oficina de Sistemas de Información.

Es importante recordar que este sistema brinda información de manera fácil, rápida y transparente a

través de sus servicios de línea y pone en valor más de 15 millones de páginas escaneadas, 150 mil expedientes mineros, 18 mil informes técnicos y más de 5 mil productos geológicos, entre mapas y boletines.

Además incluye más de 100 capas de información geológica y minera e información libre del Ministerio de Energía y Minas, Instituto Nacional de Estadística e Información, Servicio Nacional de Áreas Naturales protegidas por el Estado y COFROPI.

Desde su lanzamiento en mayo del 2010 el GEOCATMIN ha recibido más de 300 millones de interacciones y a la fecha un promedio de 400 mil interacciones diarias, con visitas de más de 100 países.

Las exposiciones fueron seguidas de una Mesa Redonda en la que participaron los tres especialistas junto a reconocidos empresarios mineros de las ciencias de la tierra, evidenciándose el alto nivel técnico alcanzado por la ex servidora del Ingemmet, quien intercambió puntos de vista con Mike Trefy, científico principal de investigación Tierra y Aire, de la Mancomunidad Australiana y César Vidal, vicepresidente y gerente de exploraciones de la compañía Buenaventura.

### **INGENIERA SUSANA VILCA: “PERUMIN-2013 HA MOSTRADO SU PROGRESO”**

La Ing. Susana Vilca Presidenta del Consejo Directivo de Ingemmet, brindó declaraciones al cierre de la XXXI Convención Minera y señaló que PERUMIN

2013 ha evidenciado un significativo progreso en comparación con las ediciones anteriores.

Resultó la mayor presencia de convencionistas y destacó la participación de las delegaciones de 48 países y el acondicionamiento de dos mil doscientos stands. Entre ellos, el Stand del Ingemmet ubicado en el pabellón cinco, atendiendo más de seiscientas visitas diarias.

Los visitantes del stand del Ingemmet en su mayoría fueron destacadas personalidades del mundo empresarial minero, directivos de entidades mineras nacionales y extranjeras, así como delegaciones de convencionistas de los países que participan en el evento, interesados por la calidad de la información que posee el Ingemmet.

El stand del Ingemmet distribuyó gratuitamente los mapas metalogenéticos, catastral minero y geológico de nuestro país y entrega un instructivo referente a GEOCATMIN, la plataforma informática considerada en la Convención, como la más grande y moderna de los servicios geológicos que existen en nuestro continente.

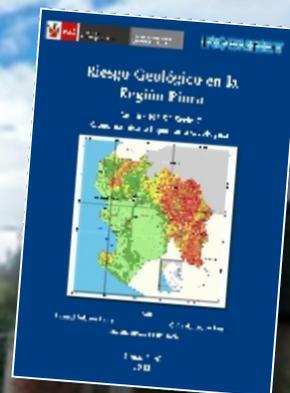
La titular del Ingemmet, agregó, que PERUMIN va para adelante y anotó que ésta es la primera vez que un mandatario (Ollanta Humala) precisa su respaldo al Sector, con reglas claras y garantiza un buen clima político y social para las inversiones y recomienda a las autoridades regionales y locales un buen uso del canon minero.





Boletín N° 52 Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica

# RIESGO GEOLÓGICO EN LA REGIÓN PIURA



Manuel Vilchez, Griselda Luque, Malena Rosado

*Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico  
mvilchez@ingemmet.gob.pe, gluque@ingemmet.gob.pe, mrosado@ingemmet.gob.pe*

El Ingemmet, en la perspectiva de seguir aportando las herramientas e información para la planificación y ordenamiento territorial, pone a disposición de la comunidad piurana y población en general el boletín geológico N° 52, "Riesgo geológico en la región Piura". En esta zona se han registrado 1343 ocurrencias de peligros, con mayor frecuencia se evidencian huaycos, derrumbes y erosión de laderas. El documento identifica los lugares que tienen altas posibilidades de sufrir un evento geológico de tipo movimientos en masas, y expone las recomendaciones sugeridas para cada una de ellas.

La región Piura, ubicada en la zona norte del Perú, ocupa zonas comprendidas entre la pampa costanera y la cordillera Occidental, en la cual destacan tres ríos principales: los ríos Piura y Chira en la vertiente Pacífica, y el río Huancabamba en la vertiente Atlántica. El río Piura recorre limitado por montañas abruptas en sus cuencas media y alta, discurre en su tramo final por una zona de planicie; el río Chira es una cuenca binacional, cuya cuenca alta pertenece al Ecuador y la cuenca media y baja al Perú; el río Huancabamba es un valle interandino, y en esta región se ubica una importante población del país.

La frecuencia de peligros en la región, teniendo en cuenta la variabilidad del clima, donde se presenta cada cierto tiempo el fenómeno El Niño, la complejidad geológica-geomorfológica y la sismicidad alta, está marcada por la ocurrencia de inundaciones y erosión fluvial, movimientos en masa y sismos, en ese orden. Los registros históricos descritos en los

reportes en el país por el Indeci, además de la información periodística, muestran que hubo inundaciones que ocasionaron graves daños a la infraestructura agrícola y vial en los años 1971/72, 1982/83, 1997/98 y 2001; así mismo, ocurrieron fenómenos de movimientos en masa tipo flujos de detritos, flujos de lodo, deslizamientos y derrumbes. Sísmicamente, la región ha sido afectada por sismos con intensidades de hasta IX en la escala modificada de Mercalli y con magnitudes de hasta 7.8 Ms en la escala de Richter.

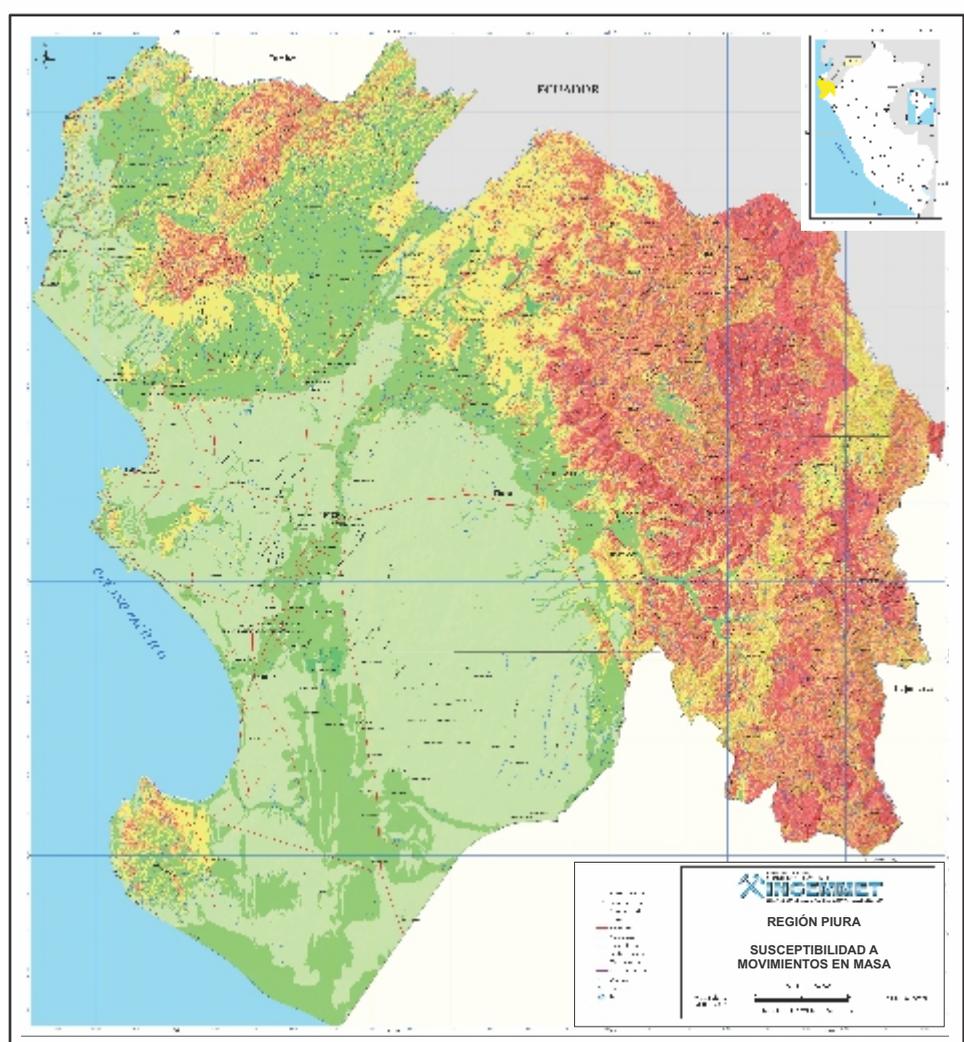
Como resultado del inventario y cartografía de peligros a escala 1:50 000, la interpretación de fotografías aéreas de los años 1962 y 1963, imágenes satelitales Landsat e imágenes satelitales Google Earth, se identificaron 1343 ocurrencias de peligros, con una mayor frecuencia de flujos de detritos, derrumbes, erosión de laderas, deslizamiento rotacional, flujo de lodo, erosión fluvial e inundación fluvial.

El análisis de las 1343 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos inventariados en la base de datos revela que los flujos de detritos ocupan el primer lugar con 25.32 %, le siguen los derrumbes con 15.41 %, erosión de laderas con 14.89 %, deslizamiento rotacional con 13.10 %, flujo de lodo con 7.82 %, erosión fluvial con 6.33 %, inundación fluvial con 4.17 %, deslizamiento traslacional con 3.14 %, movimientos complejos con 2.61 %, arenamientos con 1.86 %, avalancha de rocas con 1.71 %, reptación de suelos con 1.56 %, caída de rocas con 1.41 %, flujo de tierra con 0.30 %, erosión marina con 0.22 % e inundación marina con 0.15 %.

En este estudio se determinó la existencia de 48 zonas críticas relacionadas a peligros geológicos y geohidrológicos, entre las que destacan: valle del río Piura entre las localidades de Catacaos-puente Independencia-fundo La Joya; puente Salitral; puente Carrasquillo; Castilla; puente Sechura; carretera Olmos-Pucará. Valle del río Chira entre las localidades de Amotape-Vichayal; Amotape-Tamarindo-La Huaca; Salitral-Sullana. Sausal en Ayabaca, carretera Olmos-Pucará; Panamericana Norte km 85+000 al km 90+001; Panamericana Norte entre el km 109+000 al km 111+901; Panamericana Norte entre la quebrada El Verde y el distrito de Los Órganos; Panamericana Norte entre los Órganos y Máncora; Talara; carretera Talara-Negritos; Panameri-

cana Norte entre la Brea y el desvío Talara-Tumbes; Panamericana Norte km 1067 al km 1075; carretera Amotape-Talara; Panamericana Norte km 1046 al km 1058; entre la quebrada Samán y quebrada Charanal; carretera a Huancabamba-Sondor-Tacarpo; poblado de Huancabamba; carretera Huancabamba-Sondorillo-Huarmaca; carretera San Miguel del Faique-Huarmaca.

Es bueno resaltar que los mapas temáticos, elaborados con ayuda del SIG, son importantes como herramienta de prevención, pues proporcionan una base importante para la planificación, y contribuyen a solucionar la problemática de los peligros naturales en la región.



- SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA:** Las condiciones del terreno se muestran muy favorables para que se generen movimientos en masa. Se concentran donde ocurrieron deslizamientos en el pasado, también se tienen ocurrencias recientes.
- SUSCEPTIBILIDAD ALTA:** Confluye la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes. Colinda con zonas de muy alta susceptibilidad en la cordillera Occidental.
- SUSCEPTIBILIDAD MEDIA:** Presenta algunas condiciones favorables para producir movimientos en masa.
- SUSCEPTIBILIDAD BAJA:** Las condiciones intrínsecas del terreno no son propensas a generar movimientos en masa.
- SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA:** Podrían ser afectadas por procesos que ocurren en sus franjas marginales, como obstrucciones o cierres de valles originados por flujos, deslizamientos u otro movimiento en masa.

# Las inclusiones fluidas

## Una guía para la exploración

Laboratorio de Petromineralogía



**Las inclusiones fluidas son porciones de líquidos, gases o sólidos atrapados en un mineral, que reflejan las condiciones del ambiente en el cual la roca o mineral ha sido formado; por lo tanto, son los únicos testigos directos de los fluidos que han circulado e interactuado a través de fallas, fracturas y rocas porosas.**

**EL Laboratorio de Petromineralogía del Ingemmet desarrolla técnicas analíticas aplicadas al ámbito geológico, para brindar servicio a la comunidad geológica nacional e internacional con métodos especializados.**

El análisis de las inclusiones fluidas se basa en la microtermometría, que es una técnica con múltiples aplicaciones en la geología, tanto en la exploración minera como en la investigación geocientífica, entre otras. El procedimiento consiste en el análisis petrográfico preliminar que permite identificar las inclusiones, las cuales posteriormente serán estudiadas en la platina de calentamiento LINKAN THMSG600 y, de esta forma, obtener las diferentes temperaturas de formación de un depósito mineral. Asimismo, por medio de los métodos geotermométricos se pueden determinar o estimar la salinidad, la composición de los fluidos mineralizantes, la evolución temporal y la zonación espacial de la temperatura y salinidad. En consecuencia, esta técnica aporta información esencial acerca de la génesis de la mayoría de yacimientos minerales y es una herramienta

imprescindible para guiar la exploración en un yacimiento o distrito minero.

Los resultados de los estudios microtermométricos contribuyen a la caracterización de varios procesos naturales que ocurren en la corteza terrestre, donde las inclusiones fluidas cumplen un rol importante, como:

- ⊙ Estudios de yacimientos hidrotermales (transporte y depósito de menas).
- ⊙ La génesis de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.
- ⊙ La formación y la migración de petróleo.
- ⊙ El volcanismo explosivo.
- ⊙ La energía geotérmica.
- ⊙ Los mecanismos relacionados con terremotos.
- ⊙ El transporte de contaminantes.

## APLICACIONES

- ⊙ En la exploración minera y petrolera, para determinar las condiciones de temperatura y presión correspondientes, la estimación de la salinidad, entre otros, lo cual permitirá caracterizar y evaluar el potencial económico en ambos casos.
- ⊙ En la minería, para delinear las dimensiones de la mineralización por medio de mapas de isotermas que permitirán identificar la existencia de diversos pulsos mineralizantes que dieron origen a los depósitos hidrotermales, así como muchas otras cuestiones de índole metalogénico.
- ⊙ En el sector hidrocarburos, permite conocer la migración de salmueras a través de una cuenca sedimentaria y su relación con la maduración del petróleo. Para realizar isotermas y así facilitar la visualización de evolución de los cambios de fase de los hidrocarburos. Para conocer el comportamiento termodinámico y proponer la clasificación de los diferentes tipos de yacimientos de hidrocarburos.
- ⊙ En el campo de hidrogeología para identificar la posición de la paleosuperficie o del paleonivel freático bajo presión hidrostática.



## el dato

### Microtermometría

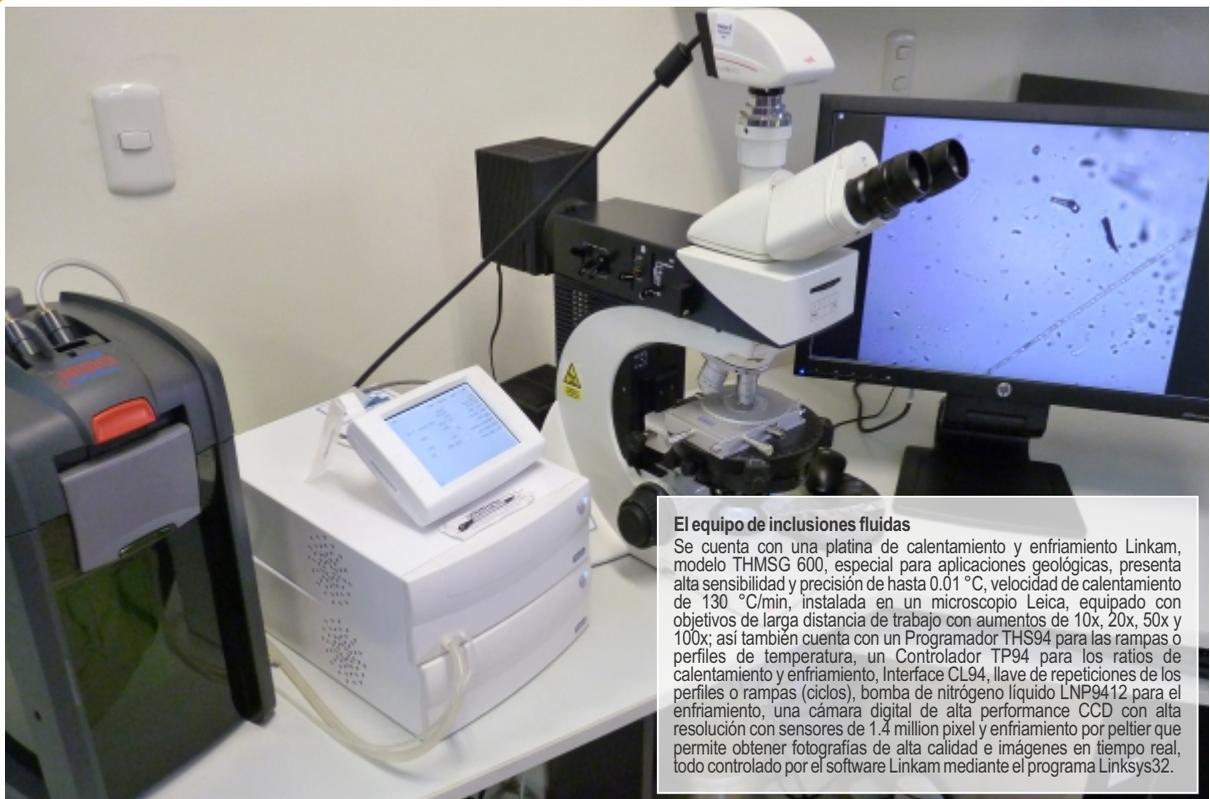
La microtermometría es la técnica empleada para determinar los cambios que ocurren dentro de una inclusión fluida en función de la temperatura.

### ¿Dónde las encuentro?

Si bien casi todos los minerales presentan inclusiones fluidas, solo podemos observarlas con facilidad en aquellos minerales suficientemente transparentes (cuarzo, fluorita, carbonatos, entre otros). Recientemente se han desarrollado técnicas de infrarrojo que permiten estudiarlas en minerales opacos (ejm. en sulfuros)

### ¿Dónde las veo?

Son observadas en una **sección delgada doblemente pulida** de aproximadamente 100  $\mu\text{m}$  de espesor, a través de un microscopio con luz transmitida y la platina de calentamiento. El estudio petrográfico de rocas y minerales con inclusiones fluidas permite discriminar las inclusiones primarias (formadas durante la cristalización del mineral que las hospeda) y secundarias (formadas durante procesos posteriores o influidas por procesos posteriores a la cristalización del mineral).



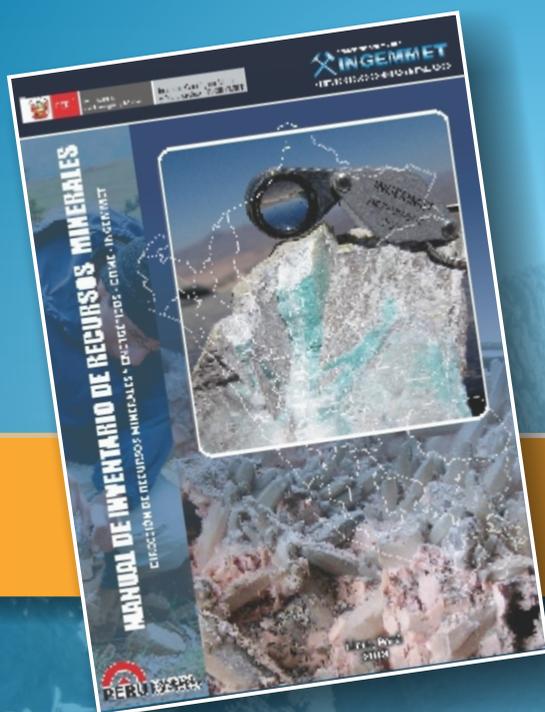
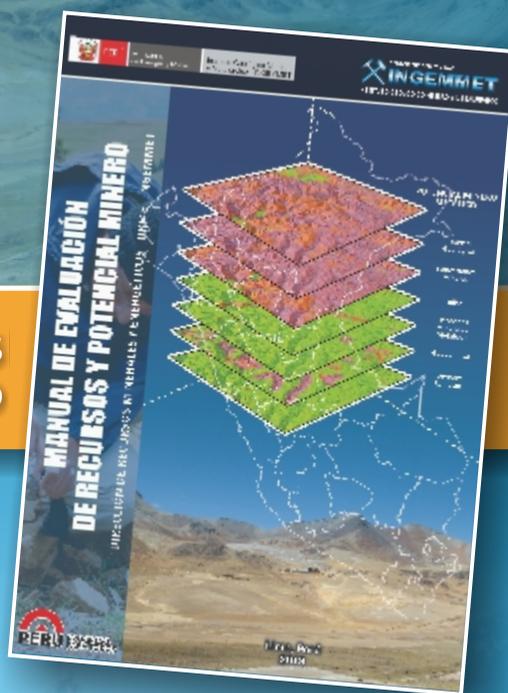
### El equipo de inclusiones fluidas

Se cuenta con una platina de calentamiento y enfriamiento Linkam, modelo THMSG 600, especial para aplicaciones geológicas, presenta alta sensibilidad y precisión de hasta 0.01 °C, velocidad de calentamiento de 130 °C/min, instalada en un microscopio Leica, equipado con objetivos de larga distancia de trabajo con aumentos de 10x, 20x, 50x y 100x; así también cuenta con un Programador THS94 para las rampas o perfiles de temperatura, un Controlador TP94 para los ratios de calentamiento y enfriamiento, Interface CL94, llave de repeticiones de los perfiles o rampas (ciclos), bomba de nitrógeno líquido LNP9412 para el enfriamiento, una cámara digital de alta performance CCD con alta resolución con sensores de 1.4 millón pixel y enfriamiento por peltier que permite obtener fotografías de alta calidad e imágenes en tiempo real, todo controlado por el software Linkam mediante el programa Linksys32.

## NOVEDADES

INGEMMET pone a disposición del público en general los Manuales:

### Evaluación de Recursos y Potencial Minero



### Inventario de Recursos Minerales

Documentos técnicos normativos cuyo objetivo es estandarizar los criterios y procedimientos a emplear en la evaluación de los recursos minerales a fin de conocer el potencial minero de cada una de las regiones del Perú.

<http://www.ingemmet.gob.pe/form/plantilla01.aspx?opcion=352>