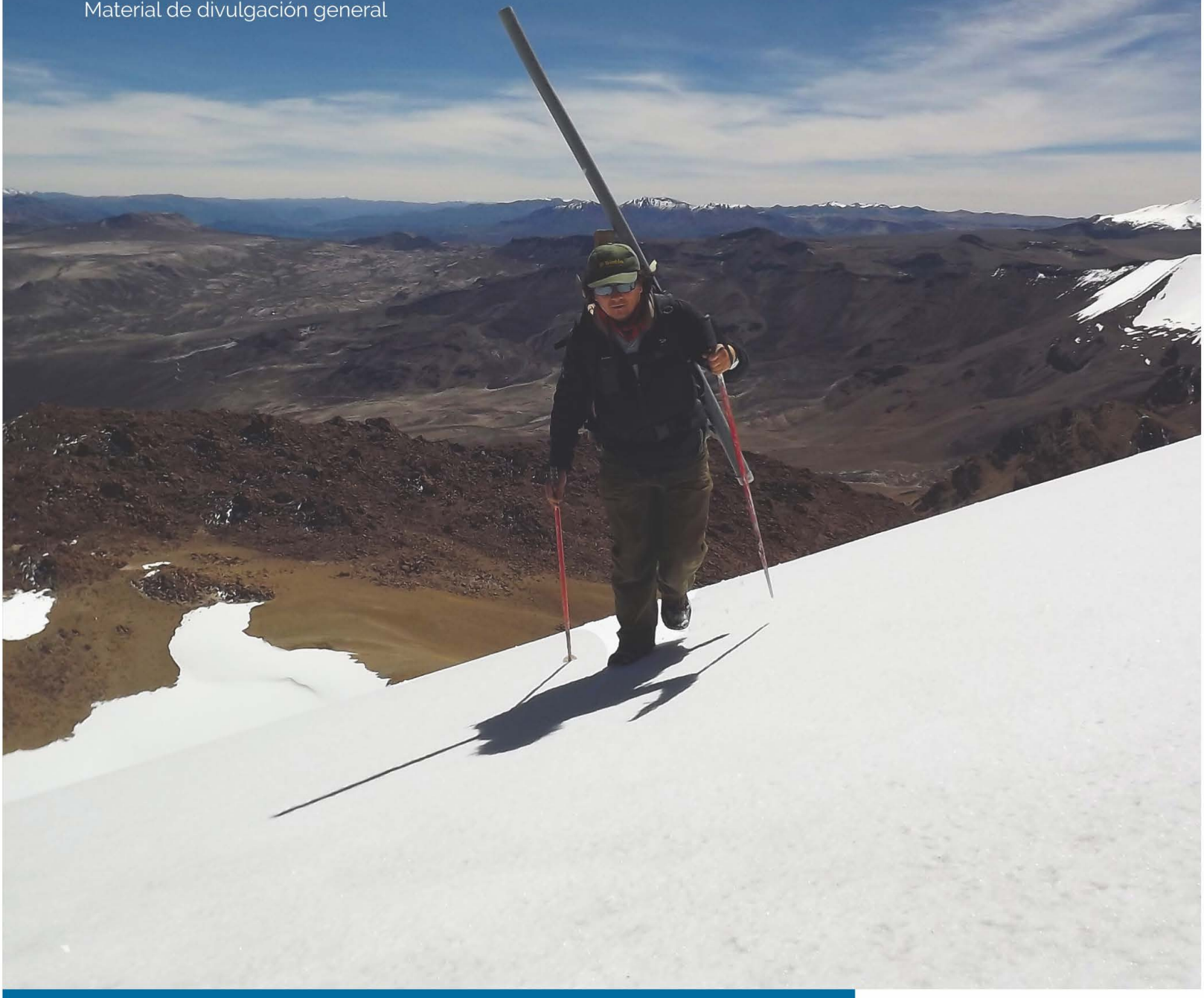
PERÚ | Ministerio de Energía y Minas

INGEMMET

Revista Institucional

Material de divulgación general

Año 5 N° 25 - septiembre 2014



- **Geología** en la Selva.
- Geoquímica en el **Orógeno Peruano**.
- Estudio **Geoquímico y Mineralógico** de la última gran erupción del volcán **Tutupaca.**
- Extinción de **petitorios y concesiones mineras.**

PERÚ PROGRESO PARA TODOS

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

PRESIDENTA DEL CONSEJO DIRECTIVO
Susana Vilca Achata

SECRETARIA GENERAL
Elizabeth Ramos

JEFE (e) DE RELACIONES INSTITUCIONALES
Marden Rojas

COMITÉ EDITOR
Mirian Mamani
César Salazar

COORDINACIÓN Y EDICIÓN GENERAL
Enrique Isarra
Giovanna Alfaro

CORRECCIÓN DE ESTILO
Flor de María Arroyo *
(*)Textos de Geociencias y Catastro y Minería

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
Enrique Isarra

FOTOGRAFÍA
Archivo INGEMMET

COLABORADORES
Waldir Valdivia
Cesar Chacaltana
Luis Vargas
Fluquer Peña
Carlos Benavente
Wai Long NG
Moisés Cutipa
Yngrid Orozco
Hugo Zárate
Katherine Gonzáles
Juan Casas
Nélida Manrique
Pablo Samaniego
Etienne Médard
Jersy Mariño
Patricio Valderrama
Céline Liorzou
Diana Camayo
Darwin Huamaní

Hecho en el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2011-05103

CONTENIDO

3 EDITORIAL

- La investigación geológica y el Congreso Peruano de Geología

8 GEOCIENCIAS

- Geología en la Selva: un reto para la captura de información geocientífica
- Geoquímica en el Orógeno Peruano
- Estudio geoquímico y mineralógico durante la última gran erupción: Complejo volcánico Tutupaca
- Fenómeno inusual en agua subterránea: Quebrada Chichahuaycco, Apurimac
- Caracterización tipológica de rocas utilizando imágenes ASTER y espectroscopia térmica

37 CATASTRO Y MINERÍA

- Extinción de petitorios y concesiones mineras
- Desarrollo de la Minería Vs Protección del Medio Ambiente: "El uso del proceso de amparo como mecanismo de solución"

44 INGEMMET DIFUNDE

- 10° Congreso Nacional de Minería
- Ingemmet desarrollará cursos especializados en el XVII Congreso de Geología
- China Mining
- Concurso de pintura

50 NOVEDADES

- El VRAEM guarda escondido un importante patrimonio paleongológico
- Ingemmet e IRD-Francia presentan: GEODATA DE FALLAS ACTIVAS EN LOS ANDES
- Plantilla automáticas Geocatmin

CONTACTO

Av. Canadá 1470 - San Borja, Telf.: 618-9800

comunicacion@ingemmet.gob.pe

LA INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA y el Congreso Peruano de Geología

ING. SUSANA VILCA
Presidenta del Consejo Directivo - INGEMMET

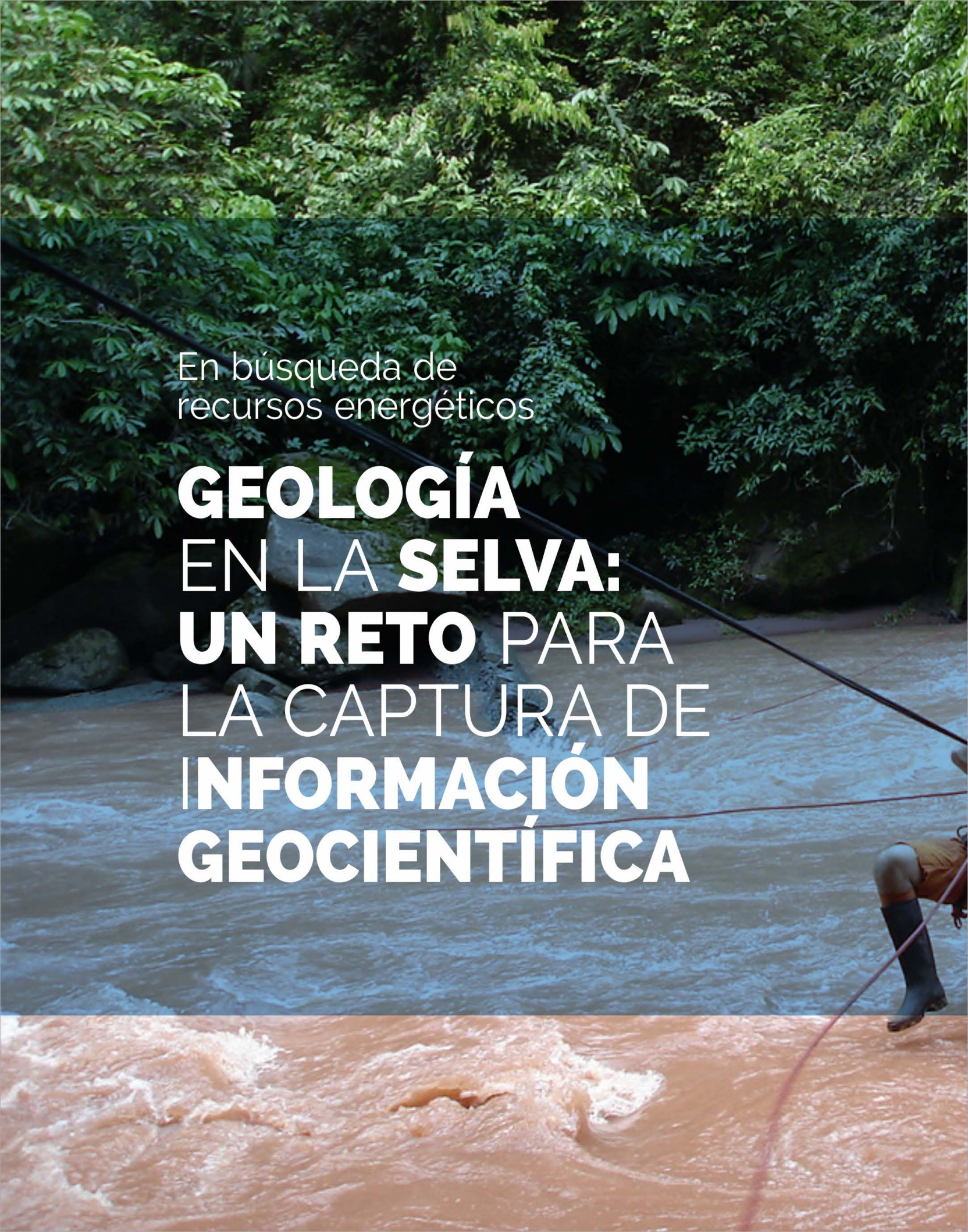
Nuevamente se dará inicio a una edición más del Congreso Peruano de Geología, certamen que reúne a los profesionales más destacados de esta ciencia, así como a los interesados en conocer las bondades naturales de nuestro país. Este evento no solo representa el punto de encuentro ideal para socializar y difundir resultados de los estudios geológicos, sino que además es una oportunidad para identificarse con la responsabilidad que atañe el conocer las disponibilidades diferenciales de nuestros recursos naturales. Y es que el Perú se enmarca en un territorio con diferentes geografías, por lo que resulta ser un país geológicamente privilegiado y con un enorme potencial geológico por conocer, pero que a su vez contrasta con la dedicación y niveles de inversión que se disponen para su progreso.

Son pocas las universidades que dictan temáticas geológicas, por lo que a pesar de los grandes esfuerzos que los profesionales geólogos realizan, la investigación desarrollada en este campo es mínima, especialmente si se tiene en cuenta que sus aplicaciones redundan en el mayor ingreso de divisas para el país, por lo que surge la pregunta ¿Qué espacios tenemos para promover este tipo de estudios?

En nuestro país la única institución que tiene esa perspectiva es el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) cuyos profesionales, a partir de sus estudios e investigaciones, se constituyen en personas claves para generar un futuro sustentable.

En este sentido, INGEMMET se hace presente en este XVII Congreso Peruano de Geología, con más de 60 trabajos que evidencian claramente el rol promotor e investigador que hemos recibido por encargo y como parte integrante del Estado.

Es así que queremos expresar nuestro reconocimiento al trabajo realizado por la institución promotora de este evento: la Sociedad Geológica del Perú, que a partir de 1954, año en que se organizó el primer Congreso Peruano de Geología, promueve este espacio de alta relevancia para los profesionales peruanos; el cual permite conocer, compartir, intercambiar nuevas hipótesis y apreciar novedosos modelos y/o metodologías de estudios realizados en el país.



En búsqueda de
recursos energéticos

GEOLOGÍA EN LA SELVA: UN RETO PARA LA CAPTURA DE INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA

Waldir VALDIVIA,
César CHACALTANA
Dirección de Geología Regional
wvaldivia@ingemmet.gob.pe

Desde hace décadas, la búsqueda de recursos por hidrocarburos ha sido la principal preocupación del Estado dado el incremento de su demanda y consiguiente escasez. Por coincidencia, la Cordillera de los Andes a su paso al llano amazónico generó durante su levantamiento, una zona conocida como faja subandina o selva alta, en cuyo seno se alberga un atractivo potencial en hidrocarburos que está siendo explotado por algunas empresas que apostaron por ello.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) comprometido en la búsqueda de nuevos prospectos energéticos tomó el reto que empezó PETROPERÚ a inicios de 1970, desarrollando estudios geológicos en la zona. A continuación un breve repaso de las vicisitudes de la geología de campo en la selva, afrontando desafíos y superando situaciones sociales adversas.

A lo largo de su historia, desde la creación de la Comisión Carta Geológica Nacional, los estudios geológicos para la cartografía han involucrado investigaciones para los sectores que atraen fuertes e importantes inversiones para el desarrollo económico del país. El INGEMMET, desde hace 35 años, continúa esta labor orientando la investigación y la prospección de áreas con alto potencial geológico. En ese sentido, desde hace una década se dio inicio a las actividades relacionadas a la exploración de cuencas con potencial de hidrocarburos. De esta manera se inició la actualización de los cuadrángulos Teniente Pinglo (9-h) y Santa María de Nieva (10-h) a Escala 1:50000 mediante los estudios geológicos específicos por cuencas, básicamente en la Zona Subandina.

Se programaron trabajos de gabinete y de campo. Los trabajos de gabinete fueron relacionados con la geología regional, estratigrafía, paleontología, geología estructural, etcétera, para la síntesis bibliográfico fueron de considerable importancia los trabajos realizados por el INGEMMET, PETROPERÚ y compañías petroleras privadas. Así es como se realizó la compilación de hojas topográficas, mapas geológicos, mapas gravimétricos, fotografías aéreas y se recabó la información digital e impresa de imágenes satelitales (Landsat, shuttle radar y otras), por otra parte geoquímica, reportes de pozos así como de estudios ambientales. Con el bagaje de información colectada, se realizó inicialmente la fotointerpretación geológico-estructural y geomorfológica de las zonas de estudio.

Para los trabajos de campo se trazaron diversos itinerarios con el objetivo de observar las características sedimentológicas, estratigráficas, petrológicas, paleontológicas y estructurales a fin de elaborar los mapas geológicos correspondientes, para luego interpretar los paleoambientes de depósito, diferenciar rocas y unidades con características de generación y almacenamiento de hidrocarburos, entre otras actividades. En este sentido, se alcanzaron las metas propuestas con el cartografiado geológico de la zona, la medición de secciones estratigráficas, toma de datos estructurales y colecta de rocas y fósiles.

EVOLUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Los estudios mencionados se desarrollaron en el marco del convenio entre INGEMMET, Perupetro S.A. y el IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo), involucrando investigaciones para los estudios relacionados con la evolución de las cuencas, el análisis estratigráfico y estilo estructural.

El año 2005, se dio inicio al Proyecto de Investigación GR-7 "Estratigrafía y evolución tectónica sedimentaria de la cuenca Santiago: Evaluación de su potencial en hidrocarburos", con el objeto de generar información actualizada sobre las características geológicas e interpretación de los procesos que intervinieron en su conformación.

El año 2006 se realizan las investigaciones en la cuenca Ene, en la parte central del Perú, y para ello se establecieron etapas de trabajo con diversos itinerarios, utilizándose publicaciones e informes tanto del INGEMMET y PERUPETRO, así como de empresas privadas como la Mobil Oil Company del Perú, relacionados con la geología regional, estratigrafía, geología estructural, etcétera.

A partir del año 2009 y como consecuencia de la coyuntura social de rechazo a las actividades de exploración de parte de las comunidades nativas en algunos sectores, se tuvo que migrar a la parte más meridional de la cuenca Santiago, y a partir del año 2010 se denominó el proyecto "Geología de la Región Amazonas" y el año 2013 se le dio el nombre GR-22: "Geología de las rocas sedimentarias de las cuencas subandinas del Perú y su relación con los recursos geológicos", los trabajos se desarrollaron en segmentos de la zona subandina, en este caso, la cuenca Huallaga, ligados siempre a cuencas de filiación petrolífera.

NIVELES DE COORDINACIONES EN EL CAMPO

La coordinación de las operaciones con la sede central del INGEMMET en Lima, se realizaron mediante radiotransmisores y sistemas de comunicación satelital móvil. Asimismo, se establece comunicación con la Comandancia General del Ejército con el objeto de prever alguna eventualidad y dar seguridad al personal en la zona de trabajo. Por otro lado, y de acuerdo con el protocolo de ingreso a la zona, se establece contacto con autoridades locales, policiales, comunales y nativas para gestionar las autorizaciones que permitan acceder a las áreas de estudio.

Asimismo, se pone énfasis en las coordinaciones relacionadas con las organizaciones nativas, las que se inician desde Lima, mediante documentación dirigida al Presidente de la Asociación Interétnica de Desarrollo de la Selva Peruana (AIDESEP) a fin de comunicar el inicio

de estudios geológicos y de apoyo a las comunidades, destacando la importancia de conocer el territorio donde viven, sus potencialidades y los peligros naturales en un marco de respeto a su medioambiente, biodiversidad y costumbres.

En la zona de trabajo continuaron las coordinaciones con las autoridades comunales y nativas locales, tal como el Presidente de la Organización Regional de los Pueblos Indígenas de la Amazonía Norte de Perú (ORPIAN-P) ubicada en Bagua Capital a fin de tener la documentación que acredite el ingreso a los territorios de las comunidades nativas y el inicio de las labores.

Igualmente, de acuerdo a las características del ingreso, se establece comunicación con las organizaciones locales, tal como ocurrió en la localidad de Imacita, donde se estableció comunicación con la comunidad Yamayacac, organización base de la Confederación de Nacionalidades Amazónicas del Perú (CONAP), integrada además por la Organización Central de Comunidades Aguarunas del Alto Marañón (OCCAAM), Federación Aguaruna Domingusa (FAD), Federación de Comunidades Nativas del río Nieva (FECONARIM) y Federación de Comunidades del río Santiago (FEDECORSA).

Durante el desarrollo de todas las excursiones geológicas, se contratan preferentemente guías bilingües así como personal principalmente de la etnia aguaruna-huambisa y colonos con el objeto de tener la seguridad conveniente en la zona. Por ejemplo, para la zona central del Perú, se contrató a un coordinador local, jefe de las rondas campesinas, con el fin de establecer enlaces con las autoridades locales y con los líderes de las comunidades nativas, para obtener la logística más adecuada. Igualmente, se contrataron guías bilingües, principalmente de la etnia asháninka, así como personal obrero, preferentemente exlicenciados de las Fuerzas Armadas.

LA ZONA SUBANDINA: CUANDO LA NATURALEZA ESCONDE Y PROTEGE SU INFORMACIÓN

Las brigadas del INGEMMET se internaron en la Zona Subandina enfrentando a las dificultades propias del terreno y a los riesgos que implica de la captura de información. La geografía resulta siendo todo un reto a superar para realizar la investigación científica de campo.

Las imágenes (Foto 1 y 2) revelan un instante de las condiciones desfavorables para el trabajo que se

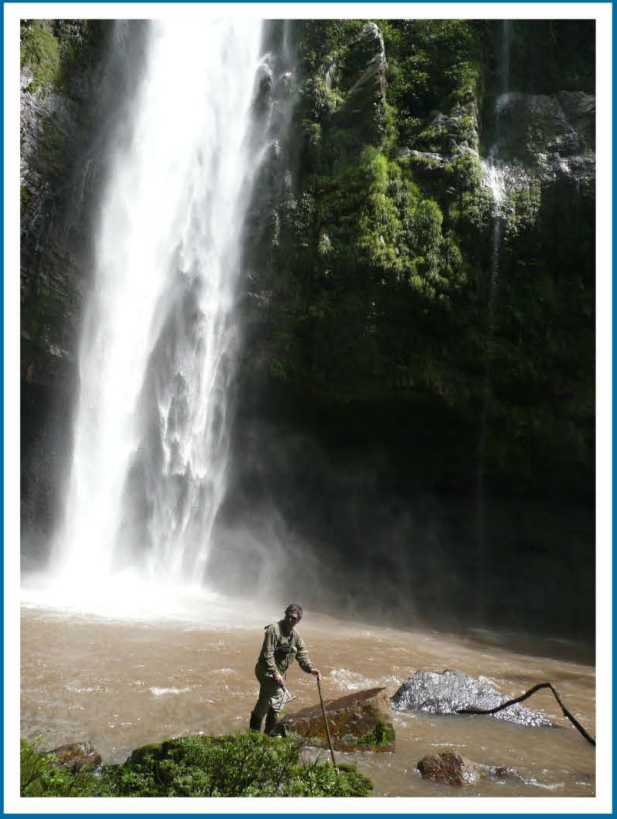


Foto 1 y 2. Superando las dificultades puestas por la naturaleza y su follaje en el río Sanibeni, cuenca Ene.

incrementan con la presencia de animales predadores e insectos ponzoñosos ocultos en el follaje, lo cual nunca amilana al geólogo sino por el contrario significa la aventura ganada por la curiosidad de conocer sus entrañas. Asimismo, esta curiosidad ofrece la oportunidad de conocer y compartir costumbres con otras culturas, constituyendo con los nativos a pesar de las vicisitudes, una experiencia inolvidable (foto 3).

Pero sin distraerse del tema, debemos subrayar la diferencia de caminar en estos ambientes rodeados de torrentosos ríos, cataratas que se despeñan desde cientos de metros de altura y valles de selva alta muchas veces impenetrables pero con sonidos que revelan la armonía de la naturaleza. A veces se debe avanzar bajo neblinas, en cuestas resbaladizas donde es obligatorio descender a los niveles más profundos de las quebradas y tal vez inmediatamente ascender y topar con follaje y espesura donde se debe abrir el camino para continuar desplazándose en la búsqueda de afloramientos (foto 4).

A LA CAZA DE AFLORAMIENTOS: CUANDO EL GEÓLOGO CONSIGUE LO QUE BUSCA

Siempre ha sido un escollo para la toma de datos, las difíciles condiciones de los terrenos donde la exuberante vegetación cubre los afloramientos. Para evitarlas, se tienen que aprovechar los cortes de los ríos, quebradas y excepcionalmente carreteras, por cierto escasas o inexistentes. Sin embargo, con las interpretaciones geológicas previas al campo mediante la revisión de imágenes de satélite, del google Earth, fotografías aéreas y otras imágenes, se pueden determinar lugares favorables no siempre menos riesgosos, para la toma de muestras y obtención de datos e información.

Ya en el terreno, el geólogo al mimetizarse con los afloramientos, empieza a leer las rocas para obtener de ellas el registro de lo que pudo preservarse en relación con los ambientes antiguos, cualidad muy particular del geólogo que puede ver aquello que otros únicamente miran. Bajo esa interacción, se procede a tomar datos estructurales de los estratos y rocas, levantamiento o medida de columnas y toma de muestras entre otras técnicas, siempre con la inquietud de encontrar alguna pista adicional que permita afinar las interpretaciones y descifrar la paleogeografía del pasado, pues en geología nada está explícitamente escrito sobre piedra (foto 5 y 6).

CUANDO EL FRUTO DEL ESFUERZO SE CORONA CON NUEVA INFORMACIÓN GEOLÓGICA PARA EL PAÍS

Superados los retos, el esfuerzo es recompensado con información que se pone en evidencia con un cartografiado geológico-estructural con nuevos registros estratigráficos y evidencias paleontológicas que aportarán en las interpretaciones sobre la evolución y origen de las rocas corticales en esta parte del territorio. Para la cuenca Santiago, la puesta en evidencia del Grupo Pucará y sus características distintivas, contribuye a entender el origen y la evolución del sistema de hidrocarburos del Mesozoico (Pucará-Cushabatay) relacionado con rocas generadoras del Triásico superior-Jurásico inferior, donde se pudo determinar la existencia de un episodio extensivo desarrollado en el límite de la sedimentación de las

Foto 3. Comunicando a las comunidades nativas acerca de las actividades y fines de la exploración e investigación geológica en la Quebrada Cashingari, cuenca Ene.

Foto 4. Abriéndose camino a pesar de las dificultades y obstáculos naturales de la selva en la zona de Cutivireni, cuenca Ene.

formaciones Chambará y Arama-chay. Este episodio extensivo se produjo fundamentalmente finalizando el depósito de los niveles superiores correspon-dientes a la Formación Chambará y los primeros depósitos de la Formación Aramachay. La primera unidad, compuesta por una alternancia de calizas con Monotis subcircularis y Parapleurites sp. de edad Noriano y Rhaetiano (Chacaltana et al., 2009). La segunda, compuesta por conglo-merados monomícticos con clastos de calizas que contienen fósiles de pelicípodos (Monotis) englobados en matriz de tipo grainstone (Figura 1), además de brechas sedimentarias distintivas (Valdivia et al., 2010).

En cuanto a su evolución vertical, en la sucesión cretácica se pudo diferenciar secuencias y límites litoestratigráficos que definen hasta tres subunidades con características petrológicas propias y cartografiables en el campo. En estas secuencias, la bioestratigrafía por ammonites delimita para los niveles iniciales las zonas de Knemiceras raimondi (Benavides, 1956; Robert, 2002) y de Oxytropidoceras carbonarium (Robert, 2002), para los niveles intermedios la zona de Lewesiensis y para los niveles superiores las zonas de Jenski y de Bilobatum (foto 8). Estas biozonas definen líneas de tiempo con un rango del Albiano al Coniaciano cuyos límites no coinciden con los límites de las subunidades litoestratigráficas diferenciadas en la Formación Chonta, siendo válida porque su establecimiento se basa en criterios y elementos diferentes.

EL DATO

Según la Guía Estratigráfica Internacional, las unidades litoestratigráficas y bioestratigráficas son independientes por lo que la geocronología que se establezca no debe necesariamente coincidir en sus límites.

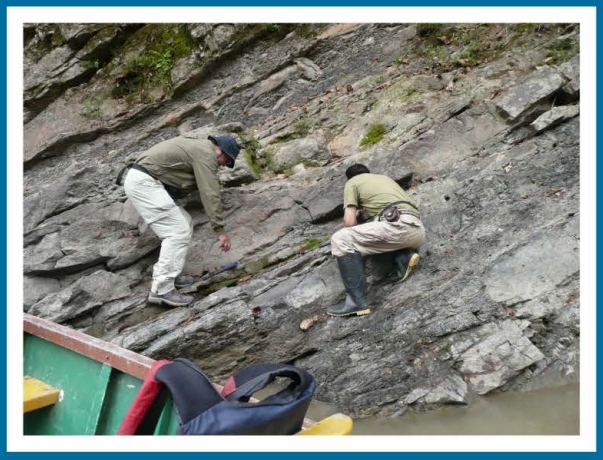


Foto 5. Obtención de información geológica en una secuencia de limolitas y areniscas feldespáticas de la Formación Sarayaquillo, donde se pudo registrar la presencia de plantas fósiles de Otozamites.

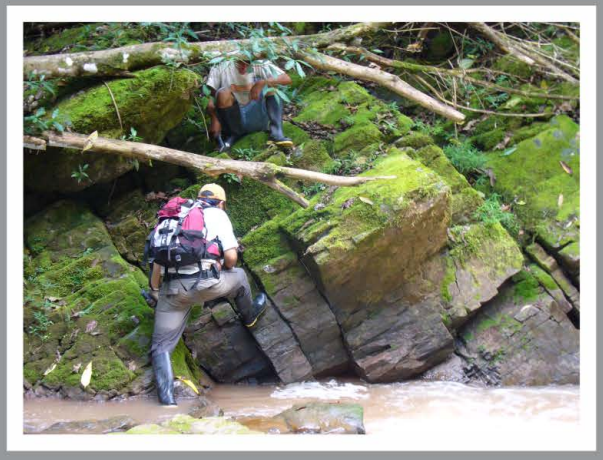


Foto 6. Toma de datos estructurales en areniscas de la Formación Chonta, sobre la margen izquierda del río Sanibeni, cuenca Ene.

Foto 7. Clastos de calizas que contienen fósiles de pelecípodos (Monotis) englobados en matriz del tipo grainstone en el pongo de Lorocache, Formación Aramachay, cuenca Santiago.

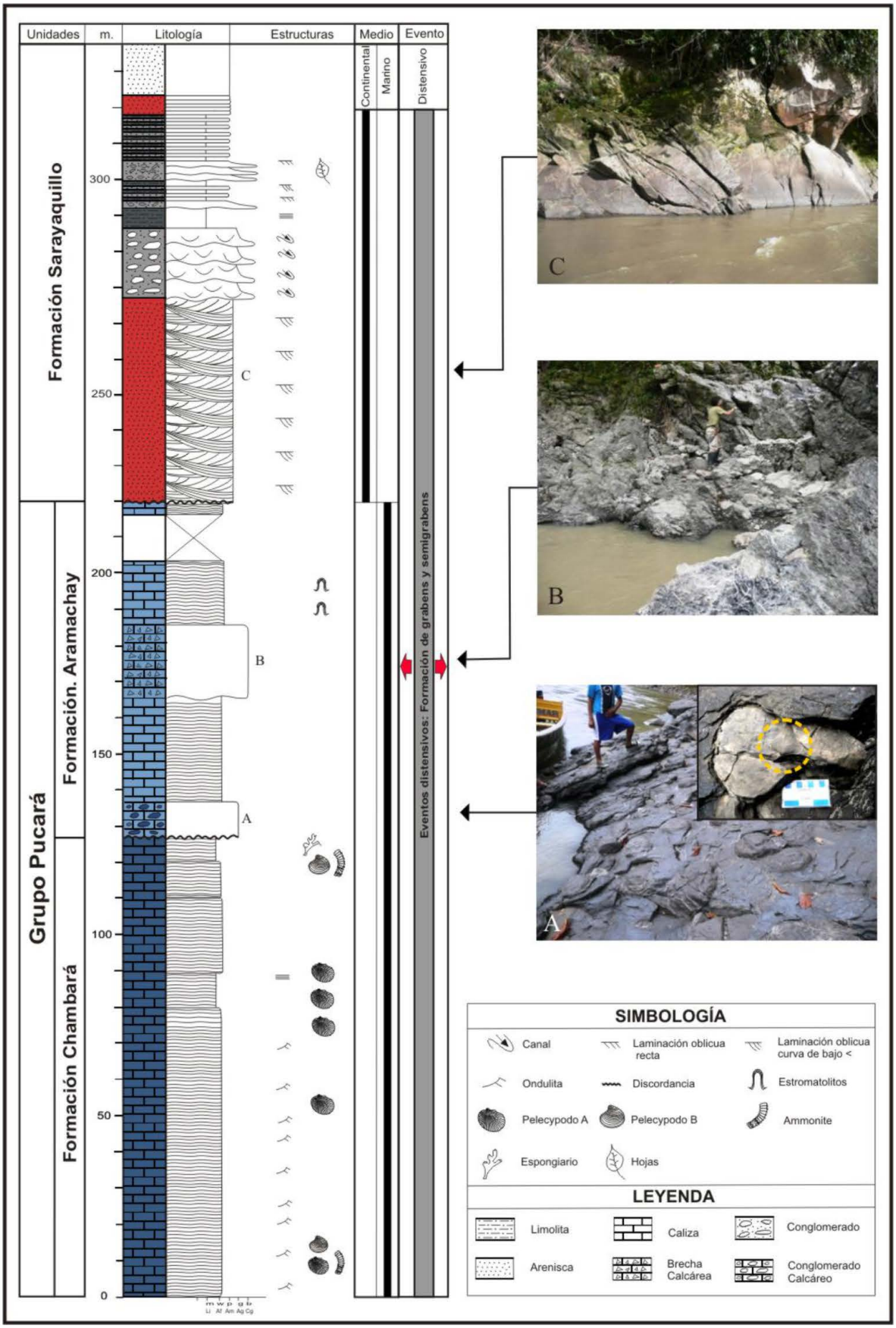


Fig. 1. Columna estratigráfica mostrando la evolución vertical del Grupo Pucará infrayaciendo a la Formación Sarayaquillo.

Foto 8: Registro de ammonites del género Menuites en niveles carbonatados de la Formación Chonta, cuenca Santiago.

Estas rocas conforman los niveles estratigráficos de la cordillera de Campanquiz, parte oriental de las estribaciones andinas que marcan el paso a la llanura amazónica. Esta cordillera con altitudes de hasta 1400 m s.n.m. empezó a levantarse hace aproximadamente 10 Ma. Este dato fue obtenido por los análisis de muestras de areniscas cuarzosas correspondientes a las formaciones Vivian y Agua Caliente tomadas en el anticlinal de Campanquiz (Duddy et al., 1990).

Los estudios se basan en las trazas de fisión desarrolladas en minerales de Apatito e indican un evento de enfriamiento muy rápido durante el Mioceno relacionado con el levantamiento tectónico de la cordillera de Campanquiz. Sin embargo, a partir de las muestras colectadas por INGEMMET (Valdivia et al., 2006), datos de trazas de fisión en apatitos tomados en las formaciones Cushabatay y Vivian indican edades de enfriamiento que varían, por un lado entre 16 y 12 Ma y por otro lado en ~5 Ma (Donelick, 2006). Esto indicaría que el levantamiento se inició en el Mioceno medio con una fuerte reactivación en el Mioceno superior.

El cartografiado actualizado, basado en la información preexistente de anteriores campañas realizadas por el INGEMMET y otras entidades, resulta a todas luces, una propuesta de límites litoestratigráficos e información estructural como ocurre para los sectores centro y sur de las cuencas Santiago y Ene. En general, las cuencas en la zona Subandina han sido delineadas sobre la base de dominios tectonoestratigráficos limitados por grandes accidentes estructurales de carácter regional, los cuales revelan características estratigráficas que pueden diferenciarse en amplitud, extensión y límites. ■

Bibliografía

Benavides, V. (1956).- Cretaceous system in Northern Peru. American Museum of Natural History Bulletin, 108, 353-494, New York.

Chacaltana, C., Valdivia, W., Peña, D., Alván, A. & Aldana, M. (2009).- Evidencias del Triásico Superior (Noriano-Retiano) y Jurásico Inferior en las Calizas del Pongo de Lorocache, borde Sur de la Cuenca Santiago. Boletín Jubilar Victor Benavides Cáceres, Boletín especial de la Sociedad Geológica del Perú.

Donelick, R. (2006).- Apatite to Zircon Report Number 722, 29 p.

Robert, E. (2002).- La transgression albienne dans le Bassin Andin (Pérou) : Biostratigraphie, Paléontologie (Ammonites) et Stratigraphie séquentielle. These Univ. Toulouse 3, Strata 380pp.

Valdivia, W., Chacaltana, C., Grandez, E. & Baby, P. (2006).- Nuevos aportes en el cartografiado geológico y la deformación de la cordillera de Campanquiz: Cuenca Santiago. XIII Congreso Peruano de Geología. Lima, Perú 2006, Resúmenes Extendidos 332-335.

Valdivia, W., Chacaltana, B & Peña, D. (2010).- Evidencias de discordancia en el límite Triásico-Jurásico en el Borde Sur de la Cuenca Santiago. VX Congreso Peruano de Geología.

EL DATO

Se llama Dominio Tectonoestratigráfico a regiones diferenciadas por su comportamiento tectónico, lo que condiciona su erosión o depósito siendo para este caso, la tipología de materiales, la geometría de las unidades y el grado de deformación.

GEOQUÍMICA EN EL ORÓGENO PERUANO

Herramienta exitosa en prospección minera y líneas de base geoambiental

Luis VARGAS
Jorge CHIRA

Dirección de Recursos Minerales y Energéticos
lvargasr@ingemmet.gob.pe

¿Es fácil saber si una zona puede constituir un alto potencial minero? la respuesta es sí, la geoquímica ha demostrado que un muestreo geoquímico debidamente diseñado y ejecutado es efectivo para descubrir zonas con alto potencial minero. Se pueden citar importantes descubrimientos de yacimientos en muchas partes del mundo, en el Perú destaca el caso de Cañariaco, Jehuamarca, Yanacocha, entre otros. En este artículo se describen los estudios geoquímicos desarrollados en el Orógeno peruano, dando énfasis a los últimos datos geoquímicos correspondientes al norte del Perú, zona con alto potencial minero metálico.

La informaci n multielemental se obtuvo mediante ICP-MS, con digesti n de agua regia, donde la matriz estudiada corresponde a la fracci n granulom trica menor a 75 m (malla -200). Para el caso del oro se us una digesti n seca (ensayo al fuego) seguida de una cuantificaci n empleando espectrometr a de absorci n at mica (AAS).

El Programa de Geoquímica del INGEMMET viene realizando estudios de prospección geoquímica regional de sedimentos de quebrada, con el objetivo de definir el paisaje geoquímico regional, determinar zonas de interés mediante la definición de anomalías geoquímicas, así como para elaborar el Atlas Geoquímico del Perú.

ATLAS GEOQUÍMICO DEL PERÚ

Este importante documento cartográfico se empezó a desarrollar desde el año 2000, a partir del paralelo 18°30´sur, manteniendo un avance sistemático de sur a norte. Actualmente se tiene cubierto el 95% de la red hidrográfica del Orógeno peruano, y se cuenta con 22 140 muestras de sedimento (figura 1).
Últimos datos geoquímicos

Los últimos estudios geoquímicos que INGEMMET ha realizado corresponden al norte del Perú, específicamente en las cuencas Cascajal, Olmos, Motupe-La Leche, Zaña, Piura, Utcubamba, Huancabamba, Tabaconas, Chirinos y parte de las cuencas Marañón y Chinchipe.

Las muestras de sedimento recolectadas han sido analizadas por laboratorios acreditados, obteniéndose información de 52 elementos químicos entre los que destacan el Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, Cd, V, Ni, Co y las principales "tierras raras".

La información multielemental se obtuvo mediante ICP-MS, con digestión de agua regia, donde la matriz estudiada corresponde a la fracción granulométrica menor a 75µm (malla -200). Para el caso del oro se usó una digestión seca (ensayo al fuego) seguida de una cuantificación empleando espectrometría de absorción atómica (AAS).

El último lote de información geoquímica de sedimentos de quebrada que INGEMMET ha puesto a libre disposición, a través del GEOCATMIN, consta de 2975 puntos de muestreo. Dicha información corresponde a los departamentos de Lambayeque, Piura, Tumbes y Cajamarca, ubicados al norte del Perú (ver figura 2).

Prospectivamente, el norte del Perú constituye una zona con un alto potencial minero metálico (ver figura 3), donde destacan filiaciones geoquímicas de metales preciosos y metales base, puestas de manifiesto en los principales metalotectos reconocidos en la zona de estudio. Es el caso del Grupo Calipuy, los volcánicos Lancones y las unidades carbonatadas del Grupo Pucará.

IMPORTANCIA, APLICACIONES E IMPACTO DE LOS DATOS GEOQUÍMICOS

Es importante destacar que la información obtenida no solamente es de alcance prospectivo, sino también de utilidad ambiental; toda vez que la metodología seguida permite ofrecer información oportuna y relevante para la elaboración de líneas base geoambiental, además de su aplicación en los procesos de zonificación económica y ecológica y en el ordenamiento territorial.

El estudio de la dispersión geoquímica de los metales pesados es de suma importancia puesto que permite caracterizar el transporte de dichos metales en la red

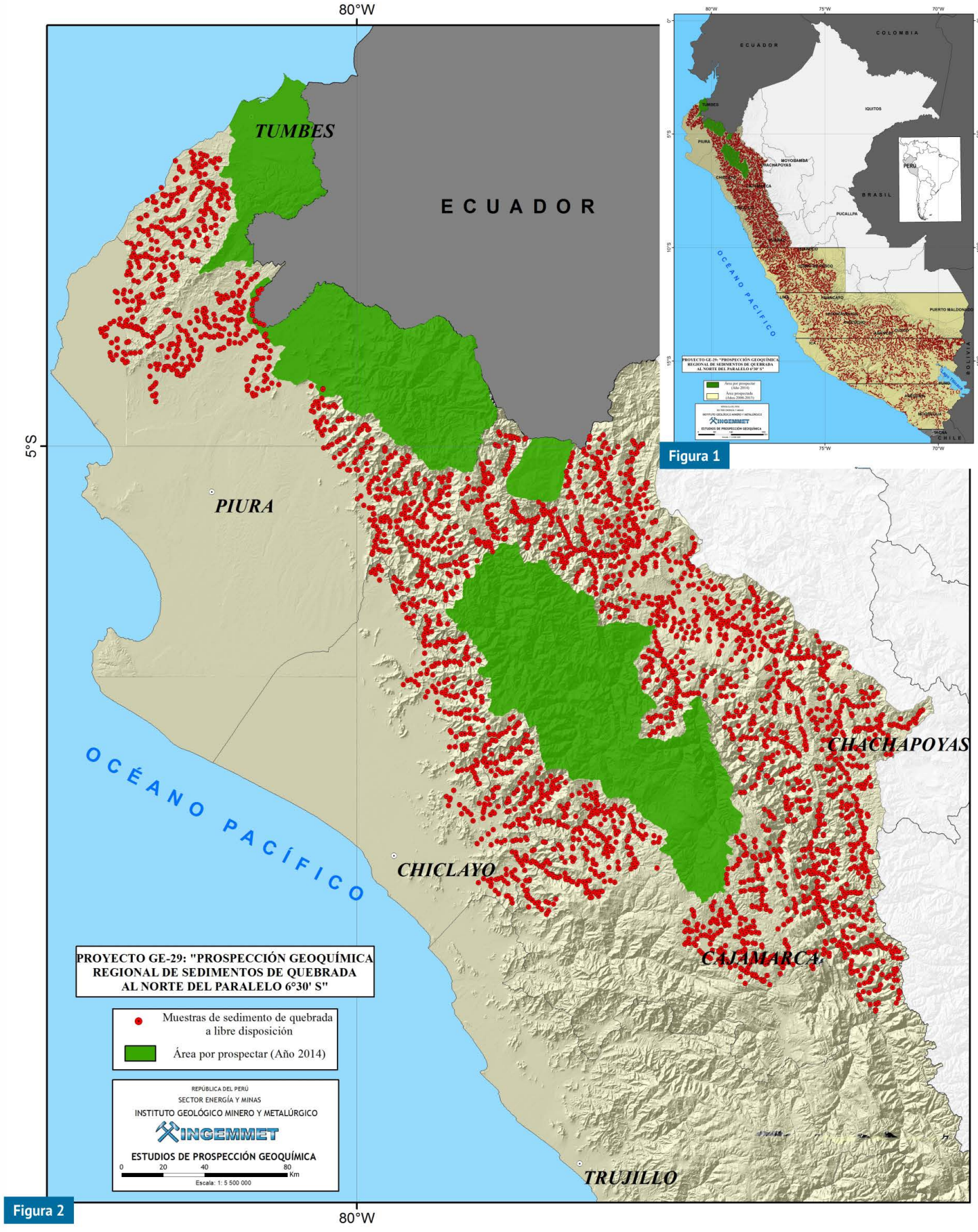


Figura 1

Figura 2

hidrográfica, además de poder evaluar la calidad de los sedimentos, estableciendo un patrón de dispersión característico de acuerdo al ambiente geológico.

Es en dicho contexto que se pueden inferir las fuentes primarias de los metales presentes en el medio fluvial y el grado de interacción con la biota en función de su biodisponibilidad.

CONCLUSIONES:

- La información geoquímica constituye una importante herramienta en las investigaciones de prospección minera, ya que a partir de dicha información se puede definir el paisaje geoquímico de una zona de interés, así como identificar anomalías geoquímicas que pudiesen estar relacionadas a mineralización.
- El conocimiento de las abundancias geoquímicas de los principales elementos traza presentes en sedimentos de quebrada, permiten caracterizar los patrones de dispersión que gobiernan la distribución de dichos elementos en la red hidrográfica de estudio.
- Los estudios geoquímicos constituyen un componente importante de las líneas de base geoambiental, de los estudios de zonificación económica y ecológica, y de los programas de ordenamiento territorial.
- Las investigaciones en geoquímica ambiental permiten cuantificar la biodisponibilidad de los elementos químicos presentes en un determinado medio; así mismo, permiten establecer la fuente de dichos elementos y los factores que favorecen su movilidad. ■

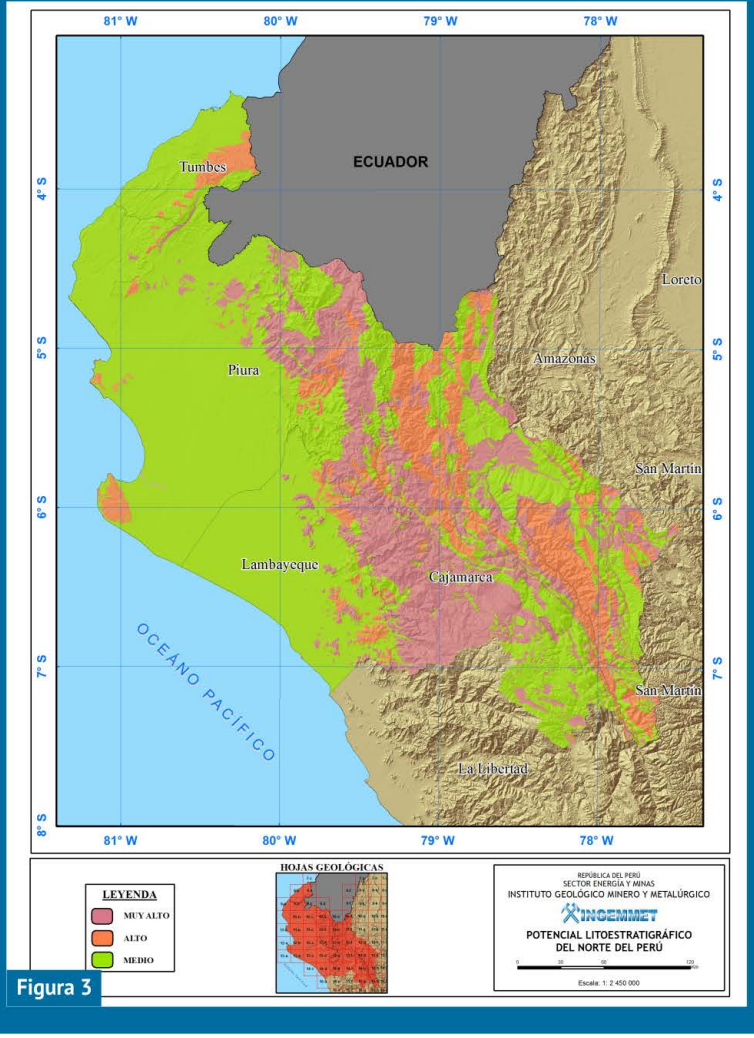


Figura 3

Figura 1. Mapa de Avance del Atlas Geoquímico del Perú.
Figura 2. Nuevos datos geoquímicos
Figura 3. Potencial minero del norte del Perú basado en las unidades litológicas

Quebrada Chichahuaycco, Apurímac

FENÓMENO INUSUAL EN AGUA SUBTERRÁNEA

Fluquer PEÑA,
Carlos BENAVENTE, Wai Long NG
Dirección de Geología Ambiental
fpena@ingemmet.gob.pe

Generalmente, en una surgencia de agua de subsuelo a superficie se observa que el elemento líquido, dependiendo del tipo de rocas y minerales por donde haya recorrido el agua, puede ser de color amarillento, transparente o grisáceo. ¿Pero qué pasa cuando la surgencia contiene limo blanquecino y agua subterránea proveniente del subsuelo? ¿Por qué puede ocurrir este inusual evento? En esta investigación intentaremos responder a esta interrogante.

En julio del 2011, un fenómeno inusual se presentó en el piso del valle de la quebrada Chichahuayco: una surgencia de agua y lodo, que dejó sedimentos de limo blanquecino pintando el curso del agua de la quebrada. El objetivo de este trabajo fue determinar el motivo de este evento, el origen de los lodos y sedimentos blanquecinos.

La quebrada de Chinchahuaycco se ubica en el distrito de Oropesa, provincia de Antabamba del departamento de Apurímac. En los alrededores se realizan perforaciones diamantinas de exploración por minerales. En este sector se encuentra también el Proyecto de exploración Millo del Consorcio Minero Horizonte, quienes desde el 2005 vienen explorando en esta zona para delimitar cuerpos mineralizados, cuantificar las reservas y evaluar viabilidad de un proyecto minero.

Surge la hipótesis de que los lodos de perforación utilizados en la exploración del Proyecto Millo podrían tener alguna relación con los lodos de la surgencia, para comprobarla especialistas del Ingemmet realizaron análisis geológico, hidrogeológico, hidroquímico y estructural.

METODOLOGÍA

Se consideraron las siguientes etapas: recopilación de información en gabinete, trabajo de campo, registro de muestras, análisis e interpretación. En los trabajos de campo se realiza el reconocimiento de las unidades litoestratigráficas, fallas mayores en el área, pruebas de campo y toma de muestras, con la finalidad de determinar la composición físico-química de las aguas subterráneas y del lodo del afloramiento. Se analizaron también el lodo de retorno utilizado en las perforaciones de exploración. Se determinaron cinco puntos (entre aguas y lodos) ubicados en el área de influencia. Para muestras de aguas se consideran tres puntos y dos para muestras de lodos.

Durante la inspección de campo, realizado en agosto del 2011, se pudo verificar que las descargas de aguas y lodo habían descendido, quedando en el punto de surgencia sedimentos de limo blanquecino y aguas parcialmente estancadas (flujo mínimo). Con el objetivo de evaluar la naturaleza de las descargas y su posible origen, así como la interacción de las aguas subterráneas con el entorno, se identificaron en las inmediaciones tres (3) surgencias de aguas subterráneas (Cuadro 1): el punto 1, la surgencia inesperada de aguas y lodo (Chi_1); el punto 2, una fuente termal en la parte inmediata superior (Chi_2) y el punto, 3 la fuente termal Yumire (Chi_4). Las fuentes de aguas Chi_1 y Chi_4 corresponden a fuentes de flujo permanente. Para caracterizar las propiedades de los lodos blanquecinos, se muestreó los sedimentos en el punto de surgencia Chi_1 y los lodos de perforación tomados de una poza de decantación (Chi_3).

1. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Geología:

La zona estudiada se ubica en la cordillera occidental de los Andes, es un valle glaciar en forma de U, rodeada de relieves montañosos y morrenas laterales desarrolladas sobre rocas volcánicas del Cenozoico. La parte baja de la quebrada Chichahuaycco se ubica en una depresión totalmente anegada, producto de los deshielos y de la surgencia esporádica de manantiales. El piso del valle tiene apariencia lacustre. También se observa la presencia de una terraza formada por efecto de la erosión glacial (aquí se ubica el campamento del Proyecto Millo). Foto 1

La geología regional de la zona consta de areniscas blancas, intercaladas con lutitas grises e intercalaciones de lutitas rojizas con niveles delgados de lutitas verdes hacia el techo, pertenecientes a la Formación Murco. Suprayaciendo a esta secuencia se tienen calizas grises con nódulos de chert y venillas de calcita de la Formación Alcurquina, ambas formaciones de ambientes

Código	Este	Norte	Cota m s.n.m.	Caudal (l/s)	EC (uS/cm)	PH	T° C	Descripción	Muestreo
Chi_1	769482	8386539	4737	s/c	958	7,65	3,2	Surgencia de aguas y lodo	Aguas y Lodos
Chi_2	769799	8386403	4729	2.5	783	6,89	28,7	Fuente Termal	Aguas
Chi 3	727308	8374708	4569	s/c	s/d	s/d	s/d	Poza de Lodos	Lodos
Chi_4	759383	8388966	4428	4.5	2420	6.37	73,7	Fuente Termal Yumire	Aguas

Cuadro 1. Fuentes inventariadas para la toma de muestras.

marinos y edad cretácica (Palacios, 1975). Rocas volcánicas del Grupo Tacaza sobreyacen en discordancia angular a la Formación Alcurquina. Las facies del Grupo Tacaza son permeables y en las lavas de la secuencia superior presentan permeabilidad secundaria, por la presencia de fracturas.

Se identifican las dos secuencias del Grupo Barroso (Palacios, 1975) con permeabilidad secundaria similar a las lavas.

Finalmente, afloran los depósitos cuaternarios de origen glaciar y fluvioglaciar, las morrenas están constituidas por conglomerados, arenas, arcillas y esporádicos bloques subangulosos que se presentan de manera alargada y en media luna.

Los depósitos fluvioglaciares se localizan en las zonas más bajas del área, en los valles jóvenes constituidos por gravas, limos, arenas, arcillas, bloques y fragmentos acarreados por las corrientes de deshielo. Es justamente por estos materiales donde surgió el agua subterránea y lodos blanquecinos (foto 2 y 3).

Dos principales sistemas de fallas se identificaron en la quebrada, un primer sistema con dirección NO-SE y un segundo sistema con direcciones E-O. Las fallas de dirección NO-SE son estructuras longitudinales, tienen la dirección del valle principal y constituyen fallas regionales que cruzan toda el área de estudio. La estructura más resaltante es la falla Chichayhuaycco, tiene rumbo de N 170° y buzamiento de 78° SO, evidenciado por la presencia de un gouge de falla de 6 metros de ancho, esta falla afecta a las rocas del Grupo Tacaza con un movimiento dextral, su continuidad hacia el norte se encuentra cubierta por los depósitos fluvioglaciares cuaternarios.

El análisis microtectónico indica dos juegos de estrías, unas horizontales y relacionadas con un movimiento de rumbo dextral y un segundo juego con estrías oblicuas que cortan las estrías horizontales, sugiriendo un movimiento de tipo inverso con componente sinestral. Las fallas con dirección E-O, son estructuras transversales al valle Chichahuaycco, constituyen fallas de menor orden, entre las estructuras más resaltantes se encuentran la Falla Lila, Azúcar y Ninajasa.

La Falla Azúcar ubicada en la margen izquierda de la quebrada Chichahuaycco tiene rumbo N 95° y buzamiento de 60° S, se encuentra afectando rocas de los Grupos Tacaza y Barroso con un movimiento de tipo inverso, en el plano de falla se puede observar con dirección de estrías (oblicuas) que tienen relación con el segundo juego de estrías de la Falla Chichahuaycco.

La Falla Azúcar, deforma rocas superiores formando pliegues y flexuras, además se puede observar en el bloque cabalgante estructuras tipo pop-up. Todas estas estructuras pueden estar relacionadas con la surgencia de aguas y lodos, la evidencia de surgencia con participación de fallas se observa en una fuente termal que aflora en el valle muy cerca del afloramiento de aguas subterráneas y limo blanquecino.

Foto 1. Valle en forma de U, rodeado por rocas volcánicas (Grupo Tacaza), donde se ubica el Proyecto Millo.

2. HIDROQUÍMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y LODOS

Análisis De Resultados – Aguas

Los análisis de aguas se realizaron en dos laboratorios, con el objetivo de comparar los resultados (INGEMMET y SGS), los que se muestran en el cuadro 2.

Facies Hidroquímicas

Para establecer comparaciones entre las propiedades principales de las aguas en los puntos analizados, se ha ploteado los resultados en diagramas de Stiff, Piper y Scatter.

Diagrama de Stiff

Según el análisis, la predominancia química, trabajada con metales disueltos y metales totales son las mismas y ambas corroboradas por los análisis de los laboratorios (figura 1).

Interpretación.- Se distinguen la existencia de dos grupos de facies químicas del agua:

DIAGRAMA DE STIFF

Se distinguen la existencia de dos grupos de facies químicas del agua:
El primer grupo predominante en las fuentes Chi_1 y Chi_2 son aguas de tipo sulfatada cálcica (Ca-SO4). Los valores encontrados en las fuentes Chi_1 y Chi_2 son de 491,69 mg/l y 338,72 mg/l respectivamente, que son típicas del lavado de materiales sedimen-tarios, de oxidación de sulfuros o de la descomposición de sustancias orgánicas.

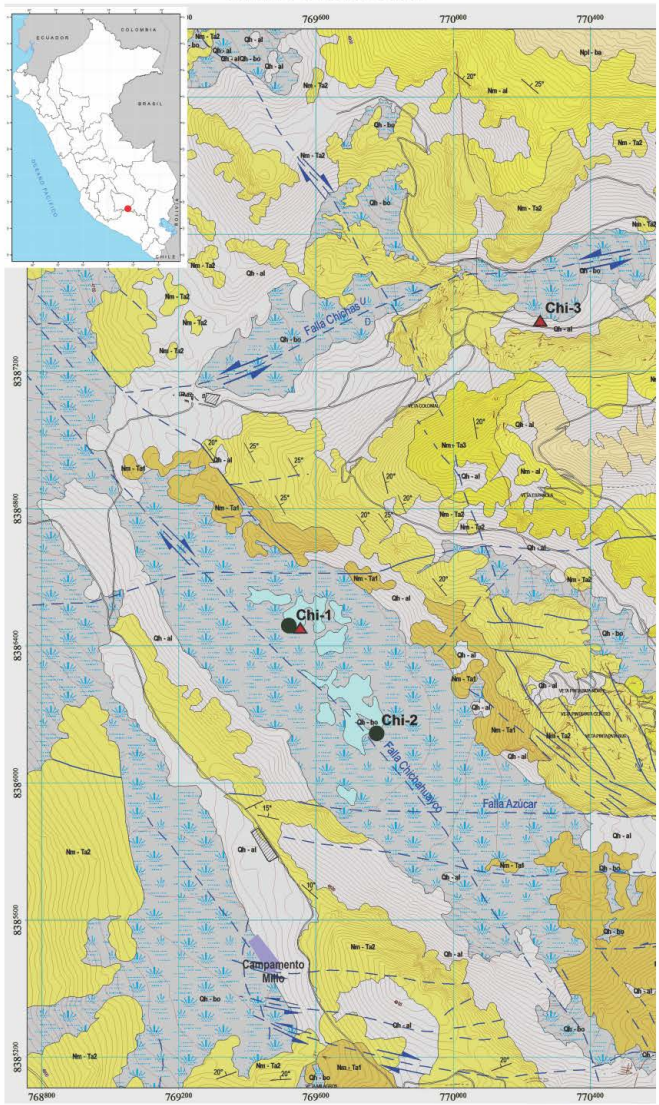
Como el material de los alrededores es de ambiente volcánico, se interpreta que estas aguas pueden haber adquirido su predominancia de sulfatos de la forma siguiente:

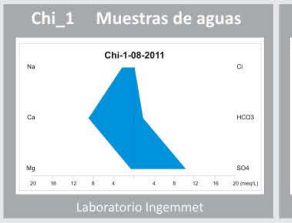
- Del contacto con la zona de alteración donde existe arcillas.
- Del contacto y tiempo de retención con materiales no consolidados, relleno cuaternario, con presencia de arcillas de ambientes lacustres.
- Por la disolución de minerales sulfurosos, principalmente pirita, galena y/o esfalerita.

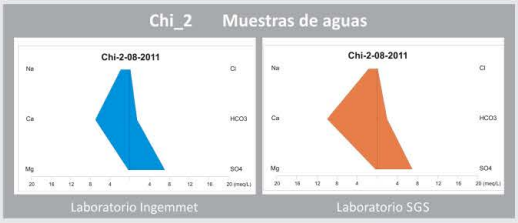
El calcio, como segundo elemento predominante, tiene composición química adquirida cuando las aguas subterráneas entran en contacto con rocas volcánicas.
Estas interpretaciones nos permiten afirmar que estas aguas proceden de la infiltración de aguas de lluvia, en la parte alta de las montañas, por medio de las fracturas de rocas volcánicas y que, en algún momento de su percolación en el subsuelo, tienen contacto con materiales sedimentarios (arcillas y limos) o minerales sulfurosos, donde adquiere la predominancia sulfatada cálcica.
La segunda predominancia, corres-ponde a la fuente termal Yumire (Chi_4), totalmente diferente a las aguas de los afloramientos Chi_1 y Chi_2, cuya composición principal corresponde a la facies clorurada sódica (Na-Cl), tiene flujo regional y mayor tiempo de residencia en el subsuelo, la misma que le otorga su predominancia clorurada.

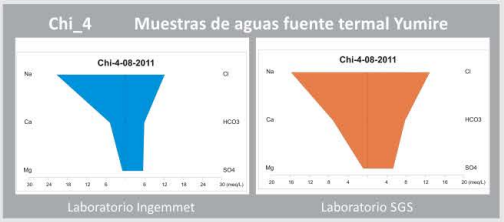
Su ambiente de formación corres-ponde a areniscas cuarzosas en contacto con sales solubles que tienden a permanecer disueltas otorgándole presencia de Na.

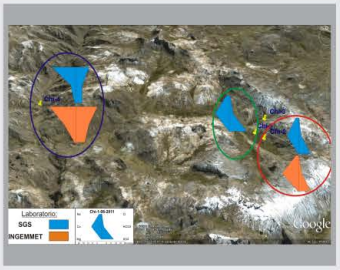
MAPA GEOLÓGICO











LEYENDA

Depl aluvial	Qh-al	Depósitos aluviales, piedemonte y clastos subangulosos de composición volcánica
	Qh-bo	Depósitos bofedales y fluviales con presencia estacional de vegetación propia de la zona
Fm. Sencca	Np-se	Depósitos aluviales, piedemonte y clastos subangulosos de composición volcánica
Gpo. Barroso	Np-ba	Lavas grises oscuras porfiríticas con sanidina y plagioclasa, andesita
Fm. Alpabamba	Nm-al	Tobas grises blanquecinas con cristales de plagioclasa, sanidina fracturados, riodacitas
Fm. Tacaza 3	Nm-ta3	Lavas grises porfidicas gris verdosas, sin cuarzo, traquidacitas a dacitas
Fm. Tacaza 2	Nm-ta2	Tobas - altamente soldadas grises blanquecinas con plagioclasas, biotita esporádica y feldespatos; dacitas
Fm. Tacaza 1	Nm-ta1	Tobas - Lapilli a toba- brecha, con presencia de clastos de la misma composición, dacitas.

SÍMBOLO

- Contacto geológico definido
- Contacto geológico inferido
- Falla
- Falla inferida
- Falla compuesta
- Rumbo y buzamiento de estratos
- Estructuras vetiformes
- Vía de acceso
- Laguna
- Campamento
- **Puntos de muestreo:**
  - Chi-1 Aguas
  - Chi-3 Lodos

Figura1. Diagramas de Stiff, ubicado en los puntos de surgencia de aguas, elaborado con aniones y cationes mayoritarios

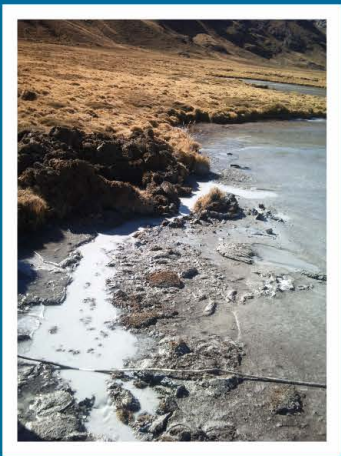


Foto 2 y 3. Lugar de la surgencia inesperada (Chi_1), primer punto de muestreo de aguas y lodos

CÓDIGO	LABORATORIO	ANIONES (mg/l)						CATIONES (mg/l)					
		Cl	SO4	CO3	HCO3	NO3	F	Li	K	Na	Ca	Mg	Sr
Chi-1-08-2011	SGS	4.97	491.69	0.5	111.3	0.232		0.100	3.30	53.10	178.92	6.95	1.673
Chi-1	INGEMMET	4.10	486.60	0.5	147.6	<1.000	1.6						
Chi-2-08-2011	SGS	3.08	338.72	0.5	87.1	0.031		0.120	2.90	42.80	140.52	3.95	1.463
Chi-2	INGEMMET	2.70	333.60	0.5	118.8	<1.000	2.1	0.111	4.23	39.36	199.40	4.60	1.330
Chi-4-08-2011	SGS	433.50	264.47	0.5	357.4	0.031		1.000	50.20	493.00	95.88	11.08	2.078
Chi-4	INGEMMET	458.80	256.30	0.5	476.2	<1.000	3.4	5.470	74.50	364.13	143.16	10.60	1.760

Cuadro 2. Inventario de fuentes, identificadas para la toma de muestras

El primer grupo predominante en las fuentes Chi_1 y Chi_2 son aguas de tipo sulfatada cálcica (Ca-SO4). En aguas dulces, la concentración de sulfatos puede variar entre 2 y 150 mg/l, en aguas salinas asociado al Ca, puede llegar valores de 5000 mg/l. Los valores encontrados en las fuentes Chi_1 y Chi_2 son de 491,69 mg/l y 338,72 mg/l respectivamente, que son típicas del lavado de materiales sedimentarios, de oxidación de sulfuros o de la descomposición de sustancias orgánicas.

La disolución de materiales arcillosos representaría la mayor cantidad aportada de este ion a las aguas subterráneas, lo que nos indica la relación existente entre las aguas subterráneas de las muestras Chi_1 y Chi_2 con ambientes lacustres (posiblemente de un paleolago existente en el piso de valle).
Como el material de los alrededores es de ambiente volcánico, se interpreta que estas aguas pueden haber adquirido su predominancia de sulfatos de la forma siguiente:

- Del contacto con la zona de alteración donde existe arcillas.
- Del contacto y tiempo de retención con materiales no consolidados, relleno cuaternario, con presencia de arcillas de ambientes lacustres.
- Por la disolución de minerales sulfurosos, principalmente pirita, galena y/o esfalerita.

El calcio, como segundo elemento predominante, tiene composición química adquirida cuando las aguas subterráneas entran en contacto con rocas volcánicas.

Estas interpretaciones nos permiten afirmar que estas aguas proceden de la infiltración de aguas de lluvia, en la parte alta de las montañas, por medio de las fracturas de rocas volcánicas y que, en algún momento de su percolación en el subsuelo, tienen contacto con materiales sedimentarios (arcillas y limos) o minerales sulfurosos, donde adquiere la predominancia sulfatada cálcica.

La segunda predominancia, corresponde a la fuente termal Yumire (Chi_4), totalmente diferente a las aguas de los afloramientos Chi_1 y Chi_2, cuya composición principal corresponde a la facies clorurada sódica (Na-

Cl). Comúnmente el ion cloruro en las rocas se presenta en escasa proporción, con elevada solubilidad de sus sales, pasa rápidamente a la fase acuosa, pudiendo alcanzar concentraciones muy altas. No forma sales de baja solubilidad, no se oxida ni se reduce en aguas naturales, tampoco es absorbido significativamente ni entra a formar parte de procesos bioquímicos; por lo tanto, se interpreta que la surgencia en estas aguas posee un tiempo de retención considerable y proviene de flujos regionales.

El elemento de segunda predominancia (Na) tiene sales que son muy solubles y tienden a permanecer disueltas. El ión sodio puede ser adsorbido en arcillas en procesos de intercambio catiónico con otros cationes, como el calcio. En la fuente termal Yumire Chi_4, se tiene una fuerte mineralización (CE: 2 420 uS/cm) y pH neutro (6.37), de predominancia clorurada sódica. Estos en presencia de sulfuros y apoyados en un ambiente anaeróbico (por lo tanto, fuertemente reductor), generan olores a huevo podrido. Como en el punto donde se produce el afloramiento del manantial Yumire.

Diagrama De Piper Y Scatter

En la figura 2, se observa que las aguas químicamente semejantes son Chi_1 y Chi_2 que muestran predominancia sulfatada cálcica, y las aguas de la fuente termal Yumire (Chi_4) tiene predominancia clorurada sódica, en concordancia con el diagrama de Stiff, y es de recorrido regional. Por lo tanto, la semejanza química de las aguas Chi_1 y Chi_2 nos indica que proceden del mismo lugar y tienen contacto con los mismos materiales; mientras que las aguas de la muestra Chi_4 que se encuentra en el lado opuesto de gráfica, tiene un ambiente de formación diferente.

ANÁLISIS DE RESULTADOS – LODOS

Para identificarse los procesos de surgencia de aguas y lodos tienen alguna relación con los lodos utilizados en las perforaciones de exploración, se realizaron análisis de lodos en el punto de surgencia (Chi_1) y en la poza de sedimentación de lodos, utilizados en las perforaciones de exploración (Chi_3).

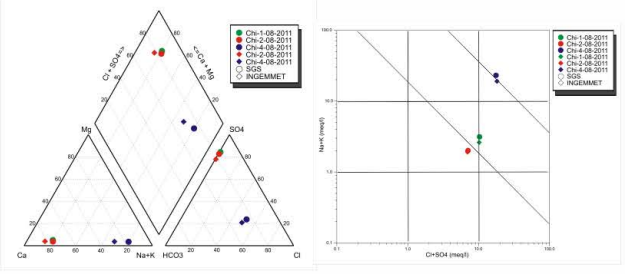


Figura 2. Diagramas de Piper y Scatter, para muestras de aguas subterráneas.

Análisis Fisicoquímicos

Se analizaron componentes fisicoquímicos (carbonatos y bicarbonatos), parámetros orgánicos (cloruros y sulfatos) (cuadro 3), además de análisis de metales en lodos en los laboratorios de SGS y en INGEMMET, Rayos X y PIMA en los laboratorios del INGEMMET.

Comparando valores en los resultados (Cuadro 3), se observan variaciones en los contenidos de bicarbonatos, cloruros y sulfatos, por lo cual interpretamos que ambos lodos tiene distinta composición y, por lo tanto, distinto origen.

COMPONENTE FISICOQUIMICO	Chi_1	Chi_3	Diferencia Chi 1 – Chi 3
Carbonatos (mili mol (-)/litro)	<1	<1	0
Bicarbonatos (mili mol (-)/litro)	25	10	15
PARÁMETROS INORGÁNICOS	**Chi_1**	**Chi_3**	**Diferencia**
Cloruros (mili mol (-)/litro)	0.2	1.2	-1
Sulfatos (centi mol por litro)	79.61	28.14	51.47

Cuadro 3. Resultado del análisis de lodos.

Los valores de metales en lodosse desarrollaron mediante análisis de ICP en suelos, los que arrojan valores potencialmente diferentes en cuanto a contenido metálico.

En general, los resultados obtenidos para cada una de las fracciones correspondientes muestran grandes diferencias, observándose, para la gran mayoría de metales, un nivel bajo valores intercambiables, lo que implica una estabilidad apreciable de las diferentes especies químicas metálicas, por tanto, durante su movilidad los lodos mantienen sus propiedades químicas.

El Ca está presente de forma apreciable en la muestra Chi_3, (9079 mg/kg), y genera una diferencia de (2327 mg/kg); en consecuencia, este elemento indica que los lodos de la fuente termal Chi_1 y Chi_3 son diferentes. En menor medida se encuentran, el potasio (511 mg/kg), sodio (471 mg/kg), manganeso (251 mg/kg), bario (107 mg/kg) y varios elementos que muestran diferencias por debajo de 100 mg/kg. Para apreciar las visibles diferencias en los lodos, se han realizado diagramas de Stiff con los elementos mayoritarios.

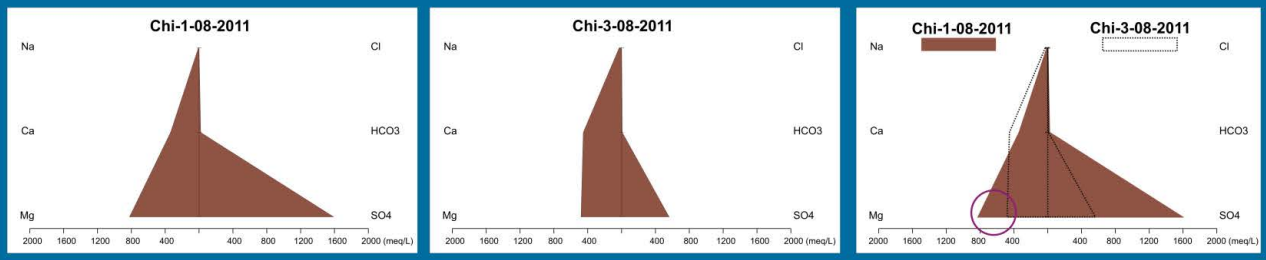


Figura 3. Diagrama de Stiff, para los elementos predominantes en los lodos Chi_1 y Chi_3, los cuales muestran gráficos comparados entre sí.

El Diagrama de Stiff (figura 3) permite observar claramente evidencias del predominio de los elementos mayoritarios. Los lodos del punto de surgencia Ch_1 tienen como elementos predominantes a los sulfatos, en valores que llegan a 1600 meq/l y, en segundo lugar, al magnesio que llega a tener valores de 800 meq/l. Los lodos de la muestra Chi_3 (poza de lodos) tiene la misma predominancia química, pero con valores muy inferiores (sulfatos 600 meq/l y magnesio 400 meq/l), teniendo diferencias muy saltantes (sulfatos 1000 meq/l y magnesio de 400 meq/l), los cuales contribuyen con la teoría de que los lodos no son los mismos.

Es importante mencionar, que estas surgencias de lodo blanquecino, no se ha producido por primera vez, se han registrado evidencias de sedimentos productos de anteriores surgencias (Foto 4), por lo cual se descarta totalmente que estos lodos tengan alguna influencia con los lodos que se utiliza en las perforaciones de exploración.

CONCLUSIONES

- Un sistema acuífero subterráneo que se encuentra confinado por un cuerpo rocoso semiconfinado y que al liberar la presión hace que se eleve una columna de agua, dando el fenómeno de artesianismo. La altura de la columna de agua dependerá de las condiciones en que se encuentre el cuerpo confinado y que puede arrastrar sólidos suspendidos como limos y arcillas. Si la surgencia se produce en zonas lacustres puede tener la surgencia de limos blanquecinos, como la que sucedió en la quebrada Chichahuaycco.

- El origen de las aguas subterráneas del área son producto de la recarga a partir de la infiltración de las aguas pluviales estacionales, abundantes en la región, y de la recarga mediante infiltración de las aguas de deshielo. Precisamente esta estacionalidad es la que mueve elementos finos, limos y arcillas y genera surgencias estacionales de aguas y lodos blanquecino.

- Los lodos analizados (Chi_1 y Chi_3) mediante metales en lodos, Rayos X y PIMA, muestran propiedades diferentes, interpretándose que no son los mismos lodos que se utilizan en las perforaciones de exploración. Se recomienda el uso de trazadores, en la parte alta (lugar de las perforaciones) y rastrearlas hasta la surgencia, esto nos podrá indicar si los lodos de surgencia tiene alguna relación con los lodos utilizados en la perforación. ■

Foto 4. Evidencia de sedimentos de lodos, de surgencias anteriores

EL DATO

Diagramas de Stiff.– Son representaciones gráficas que se utilizan para representar la facie dominante en una muestra de agua.

Diagramas de Piper.– Es un diagrama triangular que se utiliza para representar la proporción de tres componentes en la composición de una muestra de agua o de un conjunto de muestras.

Diagramas de Scatter.– Representación gráfica que nos permite interpretar si un flujo de aguas subterráneas tiene procedencia local, intermedia o regional.

Moisés CUTIPA,
Yngrid OROZCO, Hugo ZÁRATE,
Katherine GONZALES, Juan CASAS
Dirección de Laboratorios
mcutipa@ingemmet.gob.pe

CARACTERIZACIÓN TIPOLÓGICA DE ROCAS UTILIZANDO IMÁGENES ASTER Y ESPECTROSCOPIA TÉRMICA

En los últimos años una herramienta que resulta relevante para el conocimiento de las características de la superficie terrestre, sin tener contacto con el lugar, es la teledetección a través de imágenes ASTER[1], con lo que, aunque es necesario complementar datos en campo, resulta que cada vez es mayor la información con que se puede contar para la investigación relacionada con las ciencias de la Tierra.

Los procesos geológicos, a largo del tiempo, han dado origen a la formación y exposición de grandes cadenas de macizos rocosos que están compuestos por variadas litologías. La observación multibanda ASTER en el rango termal permite la identificación del tipo de roca debido a que los principales minerales formadores de roca presentan patrones espectrales característicos en este rango. El objetivo de este trabajo es la discriminación de litologías[2] a partir del estudio y análisis de las respuestas espectrales de las rocas.

Para el estudio consideramos como ejemplo el cuadrángulo de Chaparra, el cual está ubicado en la provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, donde se presentan rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas de origen tanto marino como continental.

[1] *(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)*
[2] *La Litología es la parte de la Geología que estudia las rocas: el tamaño de grano, de las partículas y sus características físicas y químicas. http://geografia.laguia2000.com*

GEOLOGÍA REGIONAL

En esta zona afloran rocas metamórficas muy antiguas pertenecientes al Complejo Basal de la Costa, compuestas de esquistos y gneis, con edades que van desde el Paleoproterozoico al Neoproterozoico. En la parte media occidental del cuadrángulo se exponen cuerpos intrusivos de gran extensión, de composición diorítica, tonalítica y monzonítica pertenecientes a la Super Unidad Tiabaya de edad Cretácico Superior que intruyen a las secuencias volcanosedimentarias de Edad Jurásica de la formación Chocolate.

Suprayaciendo a estas unidades, en discordancia, se encuentran facies sedimentarias de conglomerados y areniscas del Grupo Moquegua de edad Eoceno-Oligoceno, seguidas de facies piroclásticas de la formación Huaylillas del Mioceno.

METODOLOGÍA

En el estudio se integran el procesamiento de imágenes ASTER con el análisis espectral, el cual consistió en la generación de combinaciones color RGB con las bandas del subsistema SWIR y TIR de las imágenes ASTER para la interpretación de la litología y su correlación con el mapa geológico Regional del INGEMMET, disponible a escala 1:100,000. Luego, se realizó el análisis espectral de las firmas espectrales de emisividad adquiridas con el espectrómetro FT-IR 102 (D&P Intruments), de las muestras colectadas en campo. Este análisis se realizó entre las firmas espectrales de campo con las firmas disponibles del JPL (Jet Propulsion Laboratory).

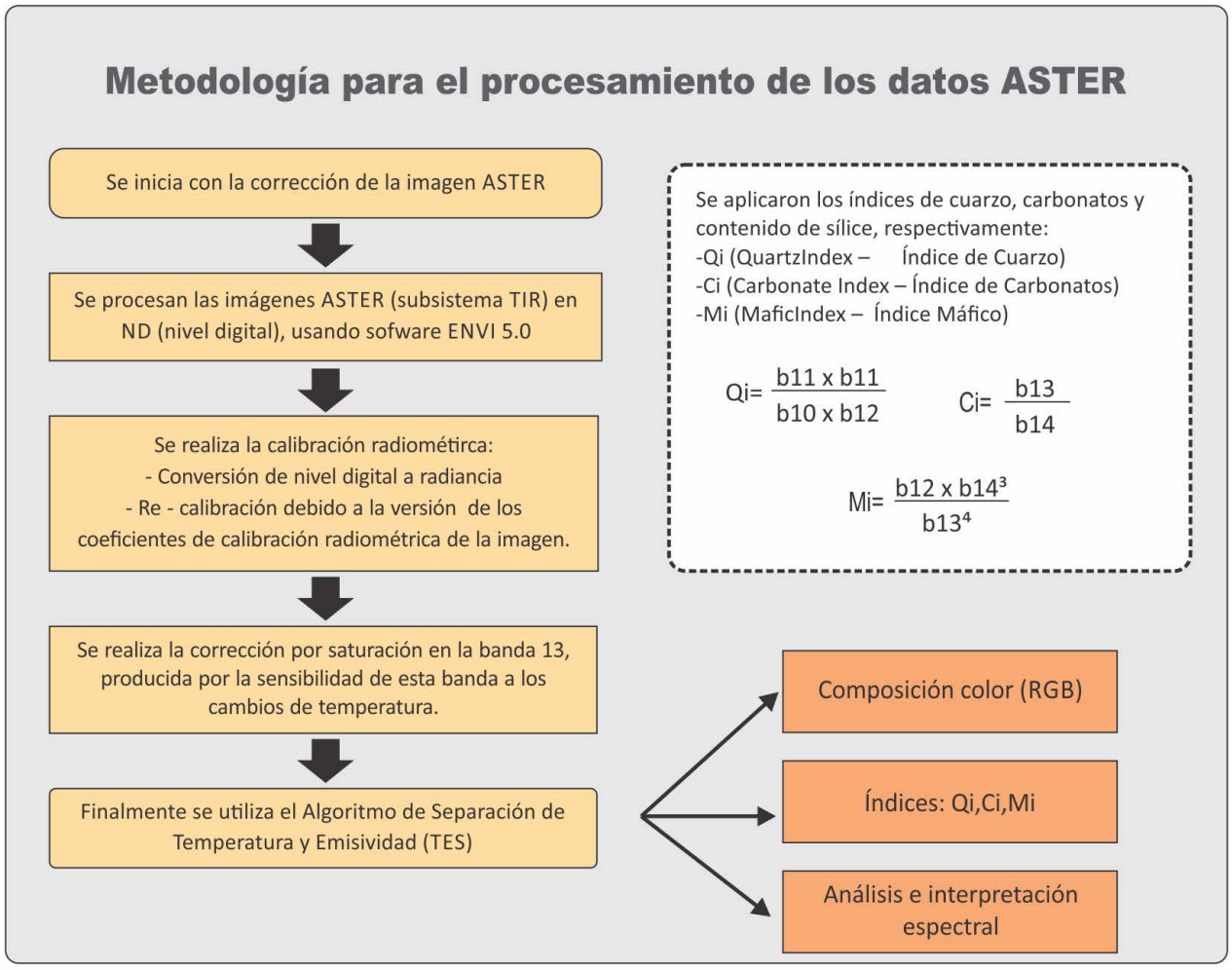
1. PROCESAMIENTO DE DATOS ASTER

Se calibraron las 5 bandas del subsistema TIR de las imágenes ASTER pasando de niveles digitales a radiancia, para luego ser convertidas a parámetros de emisividad.

2. MEDIDAS CON ESPECTRÓMETRO FT-IR MODELO 102

Mediciones a las muestras colectadas en campo

Se realizaron mediciones de emisividad con el



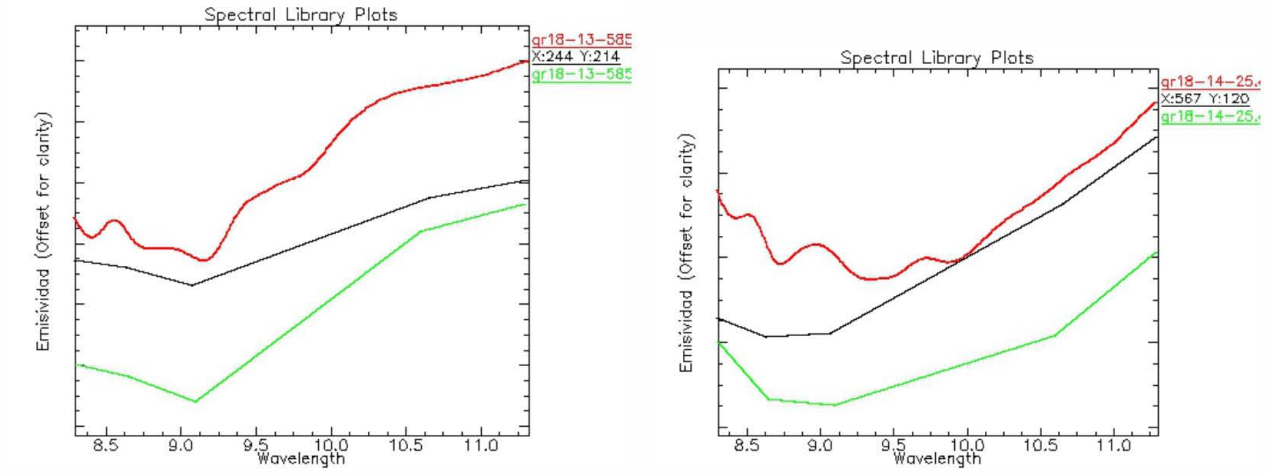


Fig. 1. Comparación de las firmas espectrales de la imagen ASTER (negro), los espectros de emisividad colectadas con espectrómetro FT-IR modelo 102 (rojo) y remuestreada a la resolución ASTER (verde).

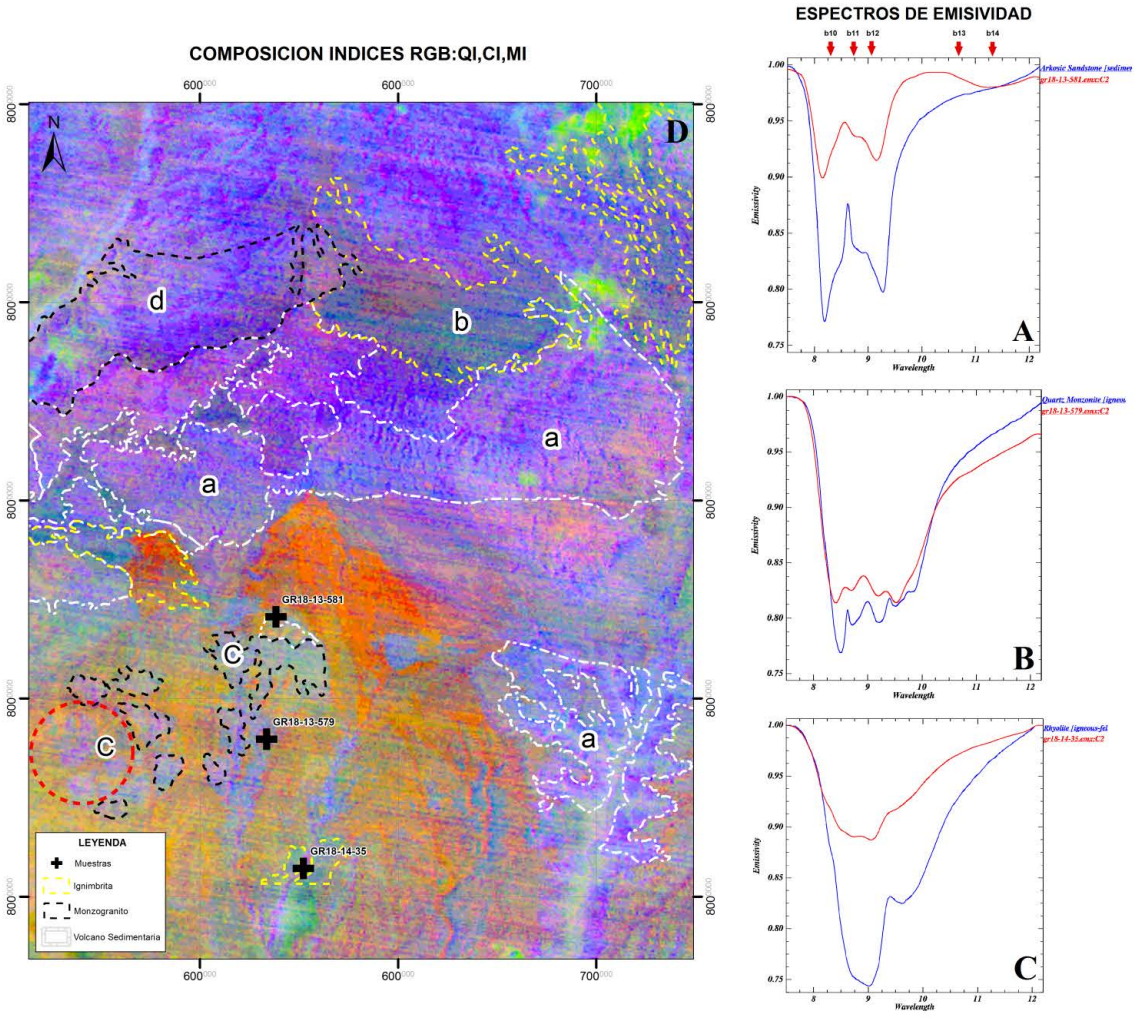


Fig. 2. A) Composición color de Índices RGB: QI, CI, MI ASTER. B), C) y B) Firmas espectrales de emisividad obtenidas de las muestras de campo con espectrómetro FT-IR 102.

La firma espectral de la muestra GR18-13-581 (figura 2-A), presenta bajas emisividades en las bandas 10 (8.125 µm) y 12 (8.925 µm), un máximo relativo en la banda 11(8.475 µm), y altas emisividades en la banda 13 (10.25 µm) y 14 (10.95 µm), lo cual es típico de rocas con alto contenido de sílice (Ninomiya et al., 2005). En la figura 2-A se muestra la correlación de esta muestra con la firma de una arenisca arcósica obtenida del JPL.

· La firma espectral de la muestra GR18-13-579 (figura 2-B) muestra menor contraste de emisividad de las bandas 10, 11 y 12 (8.125 µm al 8.925 µm) lo cual indica un menor contenido de sílice debido a una disminución en la absorción de SiO_2 y corresponde a una monzonita cuarzosa.

· La firma espectral de la muestra GR18-14-35 (figura 2-C), indica también presencia de sílice y corresponde a una riolita.

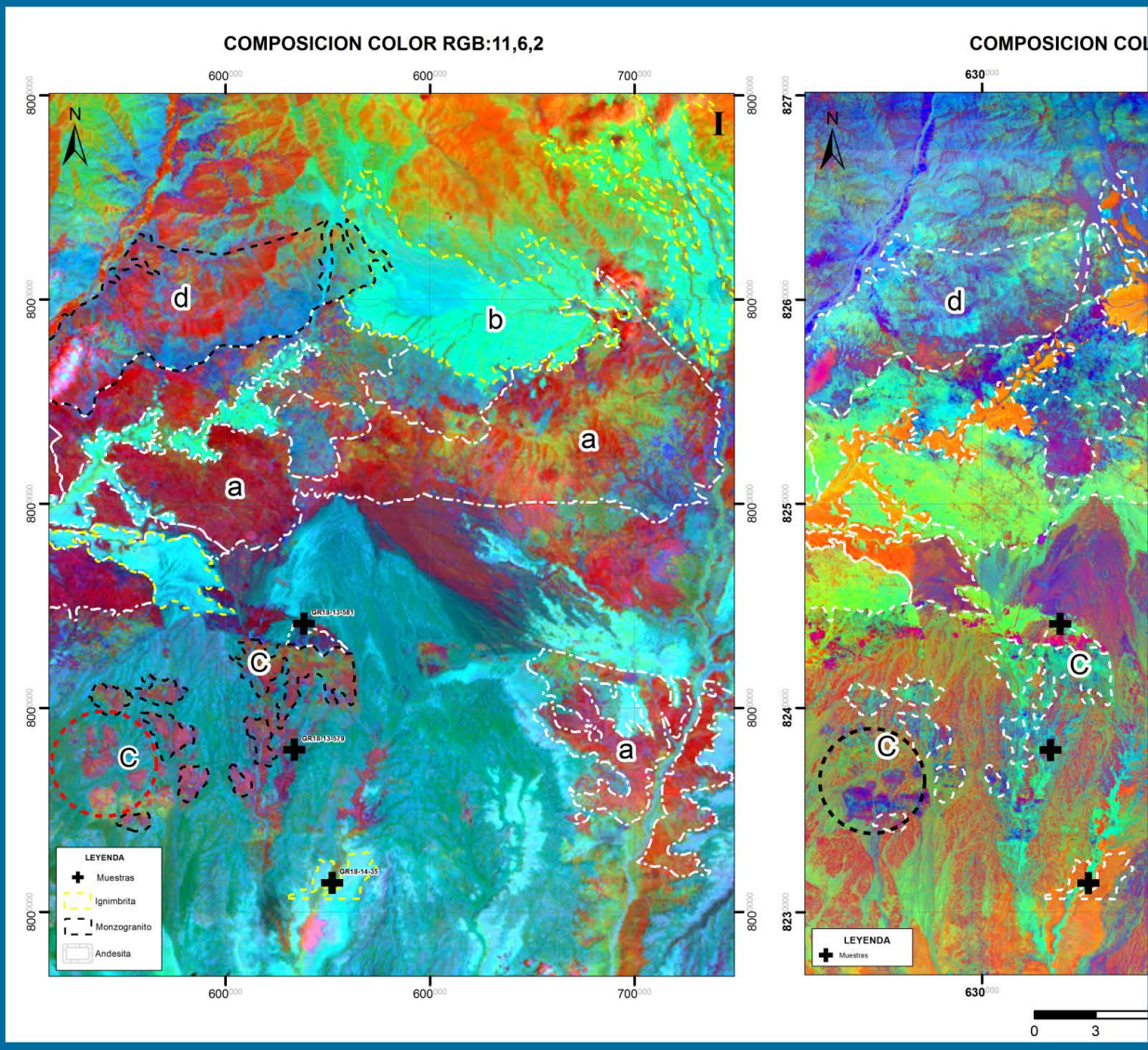


Fig. 3 I: Composición de bandas ASTER RGB: 11,6,2, II: Composición de bandas A

espectrómetro FT-IR modelo 102 (el cual mide emisividades en el rango: 7–14 µm) a las muestras colectadas en campo, en el Laboratorio de Teledetección de INGEMMET, con el objetivo de crear una librería espectral de emisividades para la zona de estudio y correlacionarlas con las firmas obtenidas de las imágenes ASTER (Figura 1).

3. ANÁLISIS DE DATOS ESPECTRALES DE CAMPO

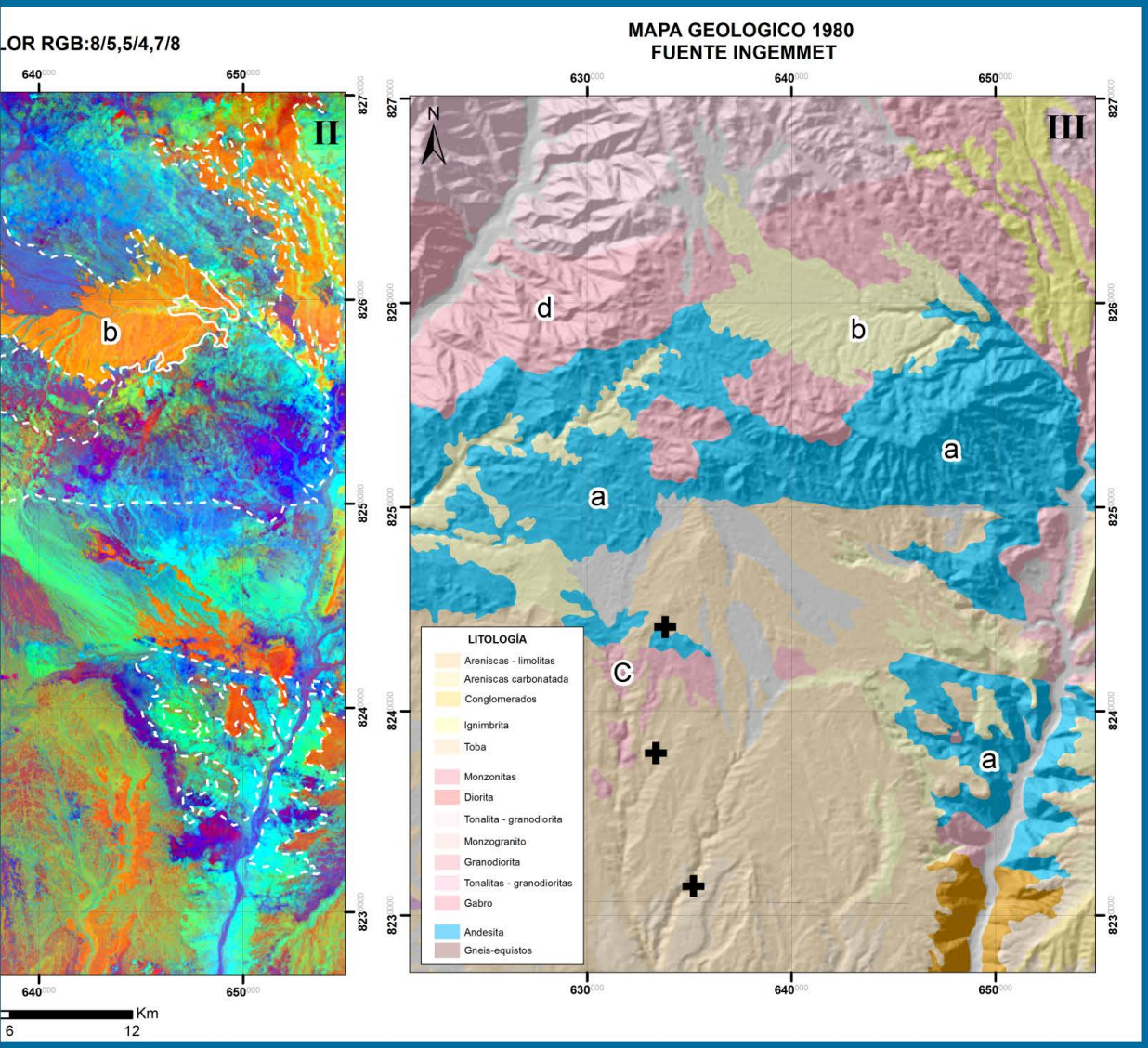
Las firmas espectrales de las tres muestras colectadas en campo presentan mínimos de emisividad amplios, llamadas bandas de absorción, que son asociadas al contenido de sílice (Floyd, 1999).

Estas firmas espectrales de emisividad de las muestras de campo fueron correlacionadas con las firmas del JPL que vienen incluidas en las librerías del software ENVI 5.1, tal como se muestra en la figura 2-B, 2-C y 2-B.
Las diferencias de amplitud en los rasgos de absorción se deben al efecto del tamaño de grano de la muestra, donde una amplitud mayor está asociada a un tamaño de grano más fino.

RESULTADOS:

- Las secuencias volcanosedimentarias de la formación Chocolate se muestran en tonalidades de color rojo a guinda (a) en la composición RGB: 11,6,2 (figura 3-I).

- La secuencias de flujos piroclásticos de la Formación Huaylillas se muestran en colores verdes claros (b) en composición RGB 11,6,2 (figura 3-I) y en color naranja (b) en composición RGB: 8/5,5/4,7/8, (figura 3-II). Siendo esta última composición donde mejor se definen sus límites.



STER RGB: 8/5,5/4,7/8, III: Mapa geológico de INGEMMET, escala: 1/100000.

- Las rocas intrusivas de la Super Unidad Tiabaya, en la composición RGB: 8/5,5/4,7/8 se resaltan en tonalidades azules a morados (c) (figura 3-II), mientras que en la composición RGB: 11, 6,2 (figura 3-I), se diferencia los monzogranitos en tonalidades rosáceos (c) en comparación de los que se encuentran en la parte norte de tonalidades rojos claros (d) que corresponden a dioritas y tonalitas.
  Se han identificado también nuevos afloramientos (c) (figura 3-II), que no fueron cartografiados previamente en el mapeo geológico a escala 1: 100000 (figura 3-III).

CONCLUSIONES

Las composiciones color RGB de las bandas de las imágenes ASTER, subsistemas SWIR y TIR son una herramienta útil para la discriminación de las grandes unidades litológicas, sedimentarias, volcánicas e ígneas. En particular, las composiciones color RGB, que resultan de la combinación de las bandas de los subsistemas SWIR y TIR, han puesto de manifiesto diferencias evidentes a nivel de contenido de sílice de los afloramientos, como el caso de las monzonitas cuarzosas observadas en la composición de color RGB: 11,6,2 y RGB: 8/5,5/4,7/8, evidenciando, asimismo, la presencia de afloramientos que no han sido previamente cartografiados.

Apoyados con los datos de espectrometría de las muestras de campo, ha sido posible identificar las diferentes propiedades de las rocas por su contenido mineral, de la misma manera, se ha podido encontrar relaciones espaciales y espectrales entre las diferentes tonalidades de las imágenes ASTER con las muestras de campo. ■

Estudio Geoquímico y Mineralógico de los productos emitidos durante la última gran erupción del

COMPLEJO VOLCÁNICO TUTUPACA

Nélida MANRIQUE
Observatorio Vulcanológico del INGEMMET
nelida.manrique.llerena@gmail.com

El complejo volcánico Tutupaca, ubicado en la región Tacna, es considerado como uno de los siete volcanes históricamente activos del Perú. Diversas crónicas e historias locales, como las registradas por Zamácola y Jáuregui (1804), cuentan que el Tutupaca tuvo varios periodos eruptivos entre finales del siglo XVI y principios del siglo XVII. Estas edades fueron corroboradas por estudios recientes realizados por el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI) y el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) de Francia, que mediante datación de radiocarbono, lograron determinar que la última gran erupción de este volcán, ocurrió hace aproximadamente 220 años.

El presente artículo nos habla acerca de los mecanismos físico-químicos que intervinieron en el desencadenamiento de última gran erupción del volcán Tutupaca; la cual fue debido a la intrusión de un magma más básico y por ende más caliente, que a su vez generó un aumento de temperatura en la cámara magmática, produciendo una gran erupción explosiva que culminaría con el disparo de una avalancha de escombro (colapso del flanco norte) y emplazamiento de depósitos piroclásticos asociados.

El complejo volcánico Tutupaca (CVT) reposa sobre secuencias ignimbríticas datadas entre 14,2 y 21,6 Ma (Tosdal et al. ,1981), correspondiente a la formación Huaylillas, y está constituido por tres edificios: el "Tutupaca Basal", formado por flujos de lava y secuencias piroclásticas de composición andesítica y dacítica (58 – 69 wt.% SiO2); el "Tutupaca Occidental", ubicado hacia el NO y comprende domos y secuencias lávicas de composición dacítica (64 - 68 wt.% SiO2); y el edificio reciente "Tutupaca Oriental", que se encuentra sobreyaciendo a los dos edificios anteriormente descritos, y está constituido por al menos 7 domos de composición dacítica (63 – 68 wt.% SiO2).

Este último muestra un anfiteatro abierto hacia el noreste, el cual fue generado durante el colapso del flanco norte ocurrido durante la última erupción de hace 220 años.
Los principales depósitos emplazados en la última erupción del edificio reciente "Tutupaca Oriental" son:

(1) El flujo piroclástico de bloques y ceniza Zuripujo, localizado al este del "Tutupaca Oriental", que fue datado por el método 14C en 220 ± 30 años AP. Este flujo puede llegar a alcanzar 6 m de espesor. Dicho depósito está cubierto por una oleada piroclástica con estratificación cruzada de 20 cm de espesor.

(2) La avalancha de escombros "Paipatja", que aflora al N y NE del "Tutupaca Oriental", la cual presenta tres facies: a) facie brechoza, cuya proporción bloques/matriz es del orden de 25/75; b) facie mixta, constituida por material hidrotermalizado y rocas de domo en proporciones similares, y c) facie rica en bloques, localizada en la parte proximal. Esta avalancha se presenta a manera de "colinas cónicas" y con estrías decimétricas que son interpretadas como indicadores de flujo.

(3) El flujo piroclástico de bloques y bombas "Paipatja", con bombas en forma de "coliflor" y bloques con "corteza de pan". En la parte proximal el depósito sobreyace a la avalancha de escombros descrita anteriormente. Presenta espesores variables (>2m), es masivo y suelto.

1. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA Y MINERALÓGICA

Las rocas de los domos recientes, así como los flujos piroclásticos Zuripujo y Paipatja, y los depósitos de la

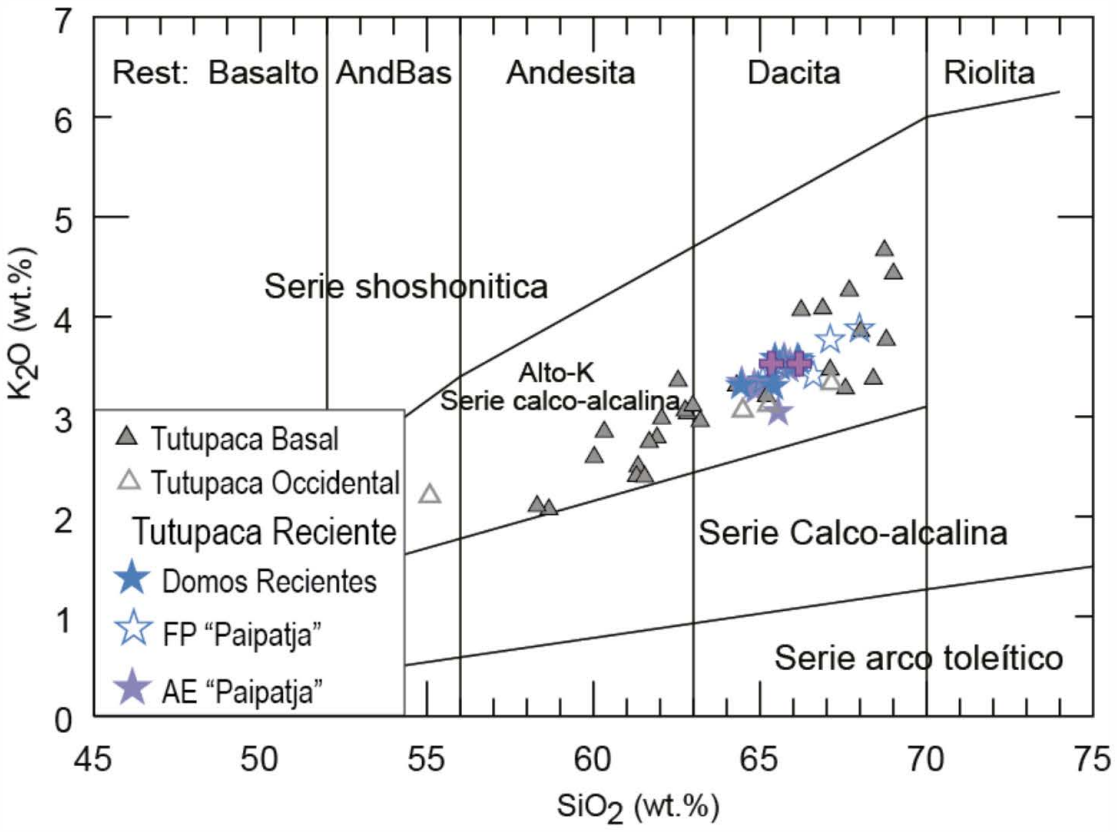


Fig. 1: Diagrama de K2O (wt.%) vs SiO2 (wt.%) de Peccerillo y Taylor (1976) que muestra la composición de los productos emitidos por el volcán Tutupaca.

avalancha Paipatja son de composición dacítica (63.2 – 68.0 wt.% SiO2; Fig. 1), ricas en anfibol, densas, porfiríticas y parcialmente vesiculadas. Mientras que las bombas presentan alta vesicularidad. El conjunto de rocas estudiadas presentan una asociación mineral muy parecida compuesta de plagioclasa, anfíbol, biotita, clinopiroxeno, esfena, cuarzo, apatito, magnetita e ilmenita.

Según el estudio mineralógico efectuado, se ha determinado que la plagioclasa es el mineral más abundante (10-20%), la cual presenta zonación inversa (Fig. 2b). Las plagioclasas de un enclave co-magmático (relicto de magma básico), encontrado en uno de los domos recientes tienen zonación normal.

Asimismo, en las plagioclasas se han observado estructuras de desequilibrio como superficies de disolución y textura en tamiz. Después de la plagioclasa, el anfíbol es el mineral más abundante (5-10%), y según la composición química se han observado dos poblaciones bien diferenciadas; la primera constituida por fenocristales pobres en Al2O3 (6.0-8.2 wt.%), y la segunda constituida por microlitos y fenocristales de enclave ricos en Al2O3 (9.3-11.8 wt.%) que frecuentemente muestran bordes de sobrecre-cimiento.

Algunos de estos anfíboles presentan zonación inversa (Fig. 2a), es decir, presentan un núcleo pobre en Al y un borde rico en Al. Por su parte, los anfíboles correspondientes al enclave muestran zonación normal.

2. CONDICIONES PRE-ERUPTIVAS:

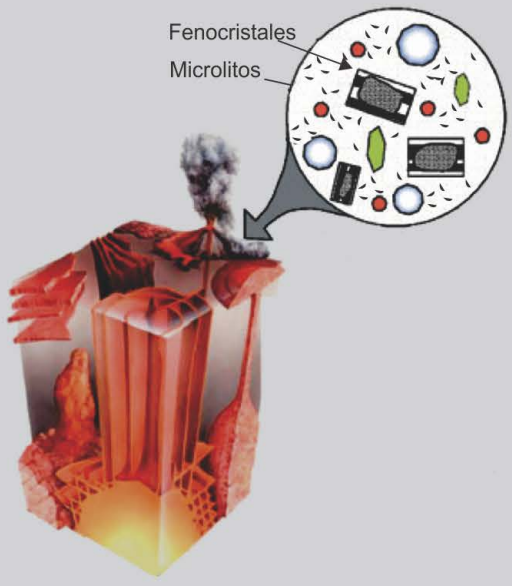
Las condiciones pre-eruptivas de presión, temperatura, fugacidad del oxigeno (fO2) y concentración de agua (XH2O) del magma del Tutupaca reciente, han sido determinadas a partir del termómetro de Holland y Blundy (1994), del barómetro de Medard et al. (2013), geotermobarómetro de Ghiorso y Evans (2008) e higrómetro de Lange et al., (2009).

La temperatura obtenida a partir de los anfíboles pobres en Al es baja (727 ± 10 °C), mientras que la temperatura de los anfíboles ricos en Al son más elevadas y varían entre 792 y 911°C. Para el cálculo de la presión se analizaron anfíboles pobres y ricos en Al utilizando el barómetro de Medard et al. (2013). Como resultado se obtuvo que la presión es de 277 ± 36 MPa, tanto para los anfíboles ricos y pobres en Al, mientras que el enclave se obtuvo una presión de 380 ± 36 MPa. La presión está directamente ligada a la profundidad de la cámara magmática, si se considera una densidad promedio para las rocas de la corteza superior de 2700 kg/m3 (Kono et al., 1989), la profundidad de la cámara magmática del Tutupaca se encuentra a 11 ± 2 km. A partir del geotermobarómetro ilmenita y magnetita (Ghiorso y Evans, 2008), se ha obtenido que la fugacidad del oxígeno es 1.60 ± 0.12

FENOCRISTALES Y MICROLITOS

Los minerales tanto en forma de fenocristales (que miden entre 0.3 a 8 mm) y microlitos (menores de 0.1 mm) contenidos en el magma empiezan su cristalización antes de una erupción y por eso tienen historias complejas. Las características mineralógicas pueden usarse como pistas de la evolución de las condiciones físicas y químicas que ocurren dentro de la cámara magmática.

Los fenocristales y microlitos se ven al interior de las rocas volcánicas emitidas durante las erupciones. Para ello se utiliza instrumentos especiales como el microscopio.



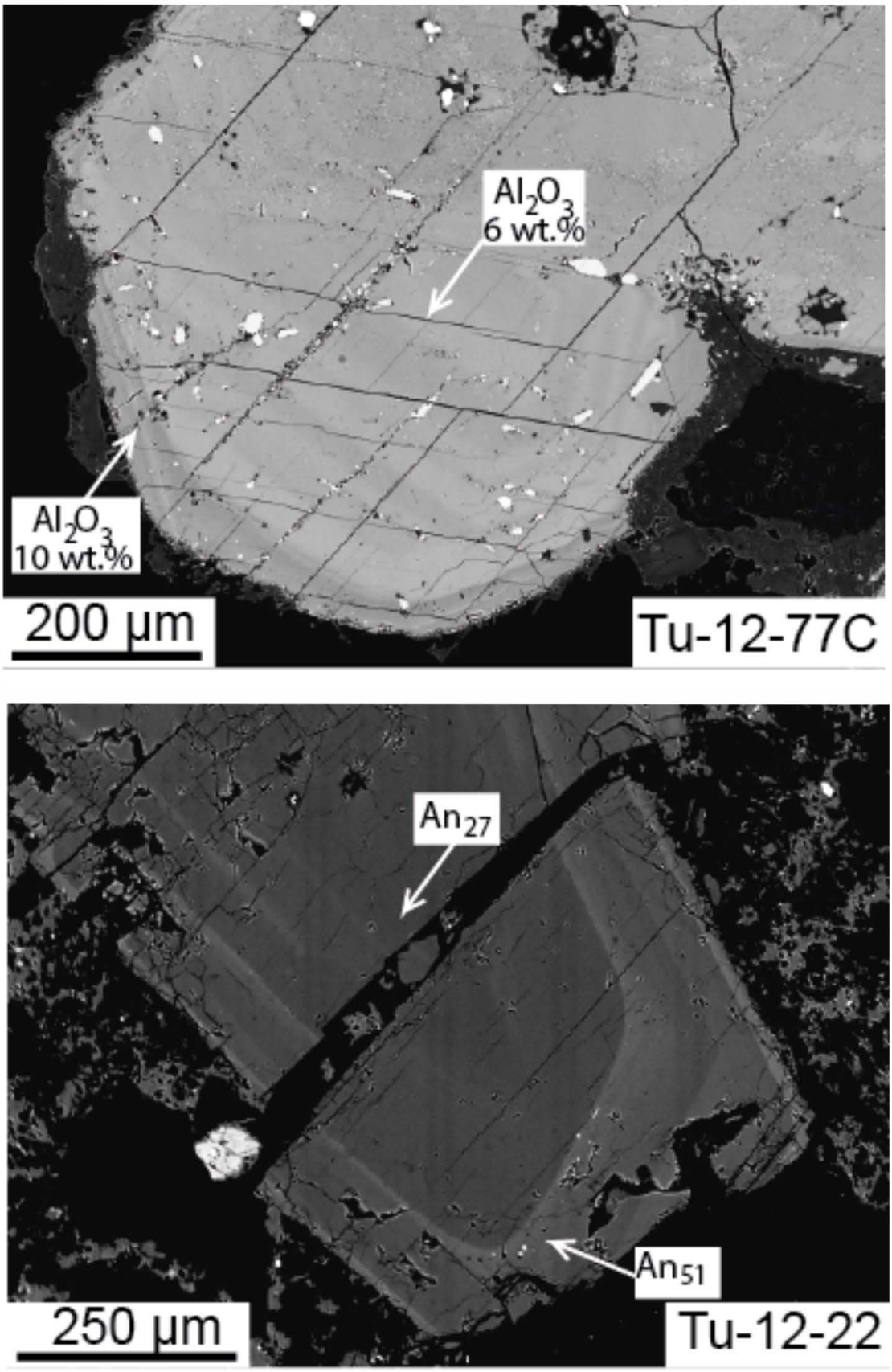


Fig. 2: Vista de algunos minerales en las rocas analizadas: a) Anfíbol con zonación inversa; b) plagioclasa que muestra borde de disolución y zonación inversa.

> *"Las texturas de desequilibrio observadas en los minerales nos muestran que los procesos de recarga y de mezcla de magmas contribuyeron en el desencadenamiento de la última erupción del volcán"*

log10 $fO2$ (con relación a NNO) y una temperatura de 734 °C. Dicha temperatura concuerda con las temperaturas determinadas por el termómetro de Holland y Blundy (1994). Finalmente, utilizando tres pares de bordes de plagioclasa y vidrio, se ha calculado una concentración de agua de 6 wt.%, que guarda relación con magmas formados en zonas de subducción.

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN:

Las texturas de desequilibrio observadas en los minerales nos muestran que los procesos de recarga y de mezcla de magmas contribuyeron en el desencadenamiento de la última erupción del volcán.

Si consideramos que los fenocristales cristalizaron en el reservorio magmático del Tutupaca, la aplicación de los termobarómetros permiten inferir que la temperatura en el reservorio antes de la erupción fue de 727 ± 10° C (n =7), a una presión de 277 ± 26 MPa, con una concentración de agua de 6 wt. % y una $fO2$ de 1.6.

A partir de la presión obtenida, se calculó que la profundidad de la cámara magmática está ubicada a 11 ± 2 km. Por el contrario, la temperatura obtenida en los microlitos varía entre 790-800 °C, justo antes de la erupción. Los valores más elevados de temperatura, fueron obtenidos en los enclaves (903 y 880 °C) que podrían estar asociados a la temperatura de un magma básico intruido en un reservorio más diferenciado.

Las evidencias de desequilibrio causados por la intrusión de un magma básico y más caliente en un reservorio en vías de enfriamiento, podrían estar relacionados con un proceso de mezcla de magmas (mixing). Sin embargo, la ausencia de bandeamiento y la poca cantidad de enclaves en las rocas analizadas nos indicaría que podría tratarse de un proceso de recalentamiento de la cámara magmática (self-mixing, Couch et al., 2001; Ruprecht et al., 2007).

Este proceso de recarga, probablemente fue responsable de la formación de los domos y posteriormente del disparo de la avalancha de escombros y de la secuencia piroclástica que la acompañó. ■

Coautores:
Pablo Samaniego[a], Etienne Médard[a], Jersy Mariño[b], Patricio Valderrama[a,b], Céline Liorzou[c]
a. Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, France
b. Observatorio Vulcanológico del INGEMMET
c. Laboratoire Domaines Océaniques, Université de Bretagne Occidentale

Referencias:
Couch S., Sparks R.S.J. &Carroll, M. (2001). Mineral disequilibrium in lavas explained by convective self-mixing in open magma chambers. Nature 1037-1039 p. Volumen 411.
Ghiorso, M. & Evans, B. (2008). Thermodynamics of rhombohedral oxide solid solutions and revision of the Fe-Ti two – oxide geothermometrer and oxygen-barometer. American Journal of Science 957-1039 p. Volumen 308.
Holland, T. & Blundy, J. (1994). Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. Contrib. Mineral Petrol. 433-447 p. Volumen 116.
Kono, M., Fukao, Y. & Yamamoto, A. (1989). Mountain building in the Central Andes. J. Geophys. Res. 3891–3905. Volumen 94.
Lange, R., Frey, H. & Hector J. (2009). A thermodynamic model for the plagioclase-liquid hygrometer/thermometer. American Mineralogist 494-506 p. Volumen 94.
Médard, E., Le Pennec. J.L., Francomme,J., Temel, A, Nauret, F. (2013). Reconstructing the magma feeding system of the Cappadocian ignimbrites (Turkey) through amphibole thermobarometry. Goldschmidt conference, Florence, Italy.
Peccerillo, P. & Taylor, S. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area. Northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology 63–81 p. Volumen 58.
Ruprecht, P. & Wörner, G. (2007). Variable regimes in magma systems documented in plagioclase zoning patterns: El Misti stratovolcano and Andahua monogenetic cones. Journal of Volcanology and Geothermal Research 142-162 p. Volumen 165.
Tosdal. R., Farrar. E. & Clark. A. (1981). K-Ar geochronology of the late Cenozoic volcanic rocks of the Cordillera Occidental, southernmost Peru. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 157-173 p. Volumen 10.
Zamacola y Jaureguı J.D. (1804). Apuntes para la historia de Arequipa. Primer festival del libro arequipeño, Arequipa, Edición 1958, 15 p.

DESARROLLO DE LA MINERÍA VS PROTECCIÓN DEL MEDIOAMBIENTE

"El uso del proceso de amparo como mecanismo de solución[1]"

Darwin Marco HUAMANÍ
Oficina de Asesoría Jurídica
dhuamani@ingemmet.gob.pe

1 Las opiniones vertidas por el autor en el presente artículo, son efectuadas a título personal y no involucran en modo alguno a la entidad para la cual presta servicios profesionales.

Como se sabe, la minería es una actividad que en nuestro país se remonta a tiempos antiguos, tradición que desde la época colonial ha venido desarrollando conceptos de crecimiento económico, al punto de situar hoy en día a la minería como nuestra principal fuente de ingresos.

No obstante, este crecimiento económico guarda correspondencia con los artículos 58° y 59° de la Constitución Política del Perú, por medio de los cuales el Estado reconoce derechos fundamentales como la libre iniciativa privada y la libertad de empresa, motores para el desarrollo económico de nuestro país. Pero también observamos en la realidad, que tales derechos se oponen y hasta "colisionan" con otros del mismo rango constitucional, como por ejemplo, los reconocidos en el numeral 22 del artículo 2° de nuestra Constitución, el cual protege el derecho fundamental de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado.

Y es que para todos los ciudadanos, nuestra Constitución no solamente reconoce una gama de derechos fundamentales como las que hemos señalado, sino que además ha creado mecanismos para su efectiva protección en caso de conflictos de derechos. Uno de estos mecanismos es el instrumento procesal llamado proceso constitucional de amparo, reconocido por el numeral 22 del artículo 200° de nuestra Constitución como la "garantía constitucional que procede contra el hecho u omisión, por parte de cualquier autoridad, funcionario o persona, que vulnera los demás derechos reconocidos por la Constitución"; encontrándose —evidentemente— dentro de este manto de protección, los derechos a la salud, al medioambiente y cuya protección "colectiva" es también equiparable a los derechos a la consulta, a la identidad étnica o cultural y otros de naturaleza análoga[2].

Al producirse *vulneraciones o amenazas de afectación* a este tipo de derechos, son los interesados quienes, representados colectivamente, demandan su protección ante el órgano jurisdiccional; por ello, muy bien se afirma que a todo derecho colectivo le corresponde una *acción colectiva*[3], entendida esta última como la acción propuesta por un representante en la defensa de un derecho colectivamente considerado, cuya inmutabilidad en la autoridad de la sentencia alcanza a un grupo de personas[4].

En este contexto, nuestro ordenamiento jurídico ha reconocido a los derechos de incidencia colectiva como una protección de "intereses difusos". En efecto, el tercer párrafo del artículo 40° del Código Proce-sal Constitucional (CPConst.), establece que "puede interponer demanda de amparo cualquier persona cuando se trate de amenaza o violación del derecho al medio ambiente u otros "derechos difusos" que gocen de reconocimiento constitucional". Por su parte, el artículo 82° del Código Procesal Civil, define al "interés difuso" como "aquel cuya titularidad corresponde a un conjunto indeterminado de personas, respecto de bienes de inestimable valor patrimonial, tales como el medio ambiente, el patrimonio cultural, histórico o del consumidor".

Entonces, en el ejercicio de este derecho de acción colectiva, muchas comunidades, ONG o personas interesadas, presentan demandas de amparo con la finalidad de paralizar toda actuación "lesiva" que provenga de cualquier persona natural o jurídica —incluso del propio Estado— reponiendo las cosas al estado anterior de la violación o amenaza de violación del derecho invocado.

Recordemos que este tipo de procesos de tutela de urgencia tiene una finalidad restitutoria y no indemnizatoria, como mal podrían entender aquellos quienes son involucrados en apoyar este tipo de procesos impulsados por intereses personales y/o políticos.

Sin embargo, lo que nos llama la atención es que la gran mayoría de demandas de amparo presentados en contra de proyectos de inversión —vinculados a posibles daños al medioambiente— son declarados infundados o improcedentes. Sin ingresar a tecnicismos jurídicos, diremos que en ambos casos los resultados de las demandas son desfavorables. ¿Pero cuáles son las razones que llevan a los jueces a llegar a dicha conclusión?

Pues, resulta que el propio Código Procesal Constitucional (Art. 9°) establece que en el proceso de amparo no existe estación proba-toria, siendo procedentes únicamente los medios que no requieran actuación. Esto significa, en términos sencillos, que solo podrán merituarse aquellas pruebas documentales de fácil lectura que no requiera la realización de actuaciones judiciales como visitas inspectivas, elaboración de estudios, realización de peritajes, informes técnicos, etcétera, que son de común actuación en los procesos judiciales ordinarios.

Respecto a la cuestión probatoria, el máximo intérprete de la Constitución como lo es el Tribunal Constitucional (TC) ha sostenido, por ejemplo, en el caso Trujillo Alcalá Vs Municipalidad Metropolitana de Lima, respecto a la instalación de una fábrica de cemento, que debido a la insuficiencia probatoria no era posible comprobar una amenaza de violación al medioambiente, declarando infundada la demanda interpuesta; y es que, so pretexto de evitar un eventual daño al medioambiente, la aplicación del "principio precautorio" podría derivar en actos arbitrarios y hasta carentes de toda razonabilidad (STC N° 5387-2008-PA/TC).

En otros casos, el TC ha optado por declarar simplemente la improcedencia de la demanda. Entre ellos, tenemos el caso Pueblos No Contactados, asociación civil AIDESEP Vs MEM, en donde el TC declaró improcedente la demanda, por considerar que el

---

2 Constitución Política del Perú, Artículo 3°.- La enumeración de los derechos establecidos en este capítulo no excluye los demás que la Constitución garantiza, ni otros de naturaleza análoga o que se fundan en la dignidad del hombre (...)
3 ROJAS BERNAL, José Miguel: "Aproximaciones a la tutela de los derechos colectivos en el proceso constitucional de amparo", Actualidad Jurídica N° 211, 2011, pág. 21.
4 GIDI, Antonio: "Concepto de acción colectiva" en ÁVILA ORDÓÑEZ, María Paz y María Belén CORREDORES LEDESMA (Editoras): Los derechos colectivos. Hacia una efectiva comprensión y protección, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, Ecuador, 1° Edición, 2009, pág. 416.

amparo no era la vía idónea para resolver la controversia, dado que existían informes contradictorios (STC N° 6316-2008-PA/TC).

De la misma manera, en el caso Ruido de Aviones, alcalde de la Municipalidad Distrital de Bellavista Vs MTC, el TC declaró improcedente la demanda de amparo por razones de insuficiencia probatoria.

El mismo criterio se observó en el caso Costa Verde, demanda interpuesta por un grupo de Vecinos Vs Municipalidad de Barranco, en la que el TC declaró improcedente la demanda de amparo, también, por insuficiencia probatoria; dejando a salvo el derecho de los actores para hacer valer su pretensión en la vía y forma legal establecida.

El hecho de que la complejidad de la controversia y, por consiguiente, la improcedencia del amparo se funde muchas veces en la dificultad probatoria de algunos hechos relevantes que —de algún modo— determinan la afectación de un derecho fundamental[5], no quiere decir que este tipo de procesos sea un instrumento procesal ineficiente, máxime si se trata de proteger derechos fundamentales que por su no admisión traerían, en el peor de los casos, daños irremediables. Sin los mecanismos tendentes a prevenir afectaciones al medioambiente o a repararlos en caso de que haya sido dañado, la consagración de ese derecho daría lugar a la generación de un *espacio jurídico vacío*[6]".

Aparentemente, la realidad de la jurisprudencia constitucional, nos daría entender que los derechos reconocidos en la Constitución para la protección de intereses difusos, no dejarían de ser meras declaraciones sobre el papel, pues no establecen en específico la forma en que tales derechos pueden hacerse exigibles, llegando entonces al punto de preguntarnos: ¿cuál es la vía idónea para la protección de los derechos colectivos?

Al tratarse de una *acción compleja, acción colectiva o de clase*[7], para la cual nuestro ordenamiento procesal no tiene prevista una tramitación especial y adecuada, toca a los órganos rectores de la Administración Pública, cumplir un rol fundamental en la prevención de afectaciones a los derechos de incidencia colectiva, como las que se demandan solucionar en la vía del amparo; pues de lo que se trata, es buscar el equilibrio que permita armonizar la libre iniciativa privada y la libertad de empresa con la protección ambiental, el derecho de desarrollar actividades económicas con el derecho a vivir en un ambiente sano, la promoción de la inversión privada con la protección de los ecosistemas[8], tareas que sin duda deben llevarnos a todos a pensar en el desarrollo sostenible. ■

"Sin embargo, lo que nos llama la atención es que la gran mayoría de demandas de amparo presentados en contra de proyectos de inversión —vinculados a posibles daños al medioambienteambiente— son declarados infundados o improcedentes."

---

5 LEÓN FLORIAN, Johan: "Sobre la prueba en el proceso de amparo", artículo publicado en el colectivo La Prueba en el Proceso constitucional, Diálogo con la Jurisprudencia, Lima, 2010, Pág. 74.
6 BOBBIO, Norberto: "El positivismo jurídico", Debate, Madrid, Pág. 21
7 MORELLO MARIO, Augusto: Acción Popular y Procesos Colectivos, hacia una tutela eficiente del medio ambiente, Editorial Lajouane, Buenos Aires, 2007, Pág. 114.
8 GÓMEZ APAC, Hugo: "El fortalecimiento de la fiscalización ambiental", artículo publicado en el libro El nuevo enfoque de la fiscalización ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental-OEFA, Editorial Rhodas, Lima, 2013, Pág. 15.

EXTINCIÓN DE PETITORIOS MINEROS Y CONCESIONES MINERAS

Extinción, terminación o fin de una cosa. Para el caso de petitorios mineros y de concesiones mineras, la extinción puede producirse durante el Procedimiento Ordinario Minero y una vez concluido este, existen algunas consideraciones a tener en cuenta para conocer el porqué de su extinción. En este artículo te aclararemos estos temas según lo establecido en el TUO de la Ley General de Minería y el Reglamento de Procedimientos Mineros.

Abog. Diana CAMAYO
Dirección de Catastro Minero
dcamayo@ingemmet.gob.pe

El título octavo del Texto Único Ordenado (TUO) de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM, regula la extinción de las concesiones, y en su artículo 58° señala que las concesiones mineras se extinguen por caducidad, abandono, nulidad, renuncia y cancelación.

Para mejor entender, desarrollaremos las causales de extinción de petitorios mineros y de concesiones mineras.

CAUSALES DE EXTINCIÓN DE PETITORIOS MINEROS (Durante el Procedimiento Ordinario Minero-POM)

En primer lugar, debemos señalar que cuando hablamos de petitorio minero, nos referimos a la solicitud de concesión minera (en trámite). Los petitorios mineros se extinguen por las siguientes causales: rechazo, inadmisibilidad, cancelación, abandono y renuncia.

1. Rechazo:
De acuerdo a lo establecido en el artículo 14A del Reglamento de Procedimientos Mineros, aprobado por Decreto Supremo N° 018-92-EM, la Dirección de Concesiones Mineras o la Autoridad Regional, según corresponda, rechazará por improcedencia, los petitorios mineros en los que:

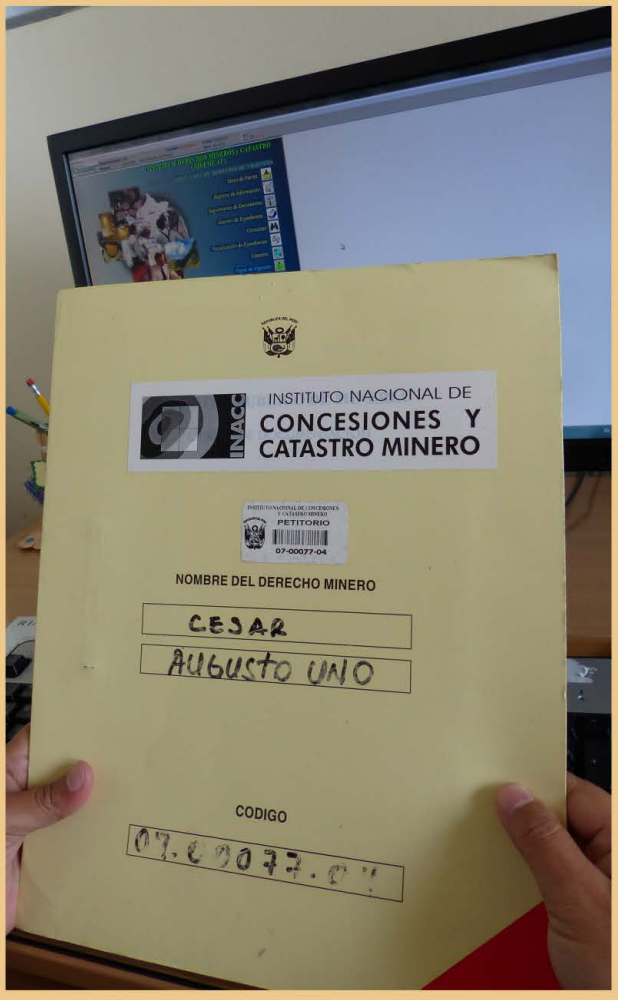
a) Se haya omitido cualquiera de los recibos originales de pago del derecho de vigencia y/o derecho de trámite.

b) El pago en soles por derecho de vigencia, sea menor al límite inferior regulado en el artículo 74° del Decreto Supremo N° 03-94-EM. (El límite inferior del pago diminuto es de noventicinco por ciento (95%) en moneda nacional).

c) El pago en dólares americanos por derecho de vigencia, se haya efectuado en forma incompleta.

d) Sean peticionados ante autoridad nacional o regional no competente.

2. Inadmisibilidad:
El artículo 14B del Reglamento de Procedimientos Mineros, aprobado por Decreto Supremo N° 018-92-EM, establece que serán declarados inadmisibles por la Dirección de Concesiones Mineras o la Autoridad Regional según corresponda y no serán ingresados al Sistema de Cuadrículas o se retirarán de él, según sea el caso, archivándoseles definitivamente sin constituir antecedente o título para la formulación de otros, los petitorios mineros en los que:



a) No se haya consignado las coordenadas U.T.M. del área solicitada.

b) No se haya identificado correctamente la cuadrícula o conjunto de cuadrículas por error en las coordenadas U.T.M.

c) No se haya identificado correctamente el área que debe solicitarse conforme al artículo 12° de la Ley del Catastro Minero Nacional, por error en las coordenadas U.T.M.

d) Exista falta de colindancia por un lado dentro del conjunto de cuadrículas solicitadas.

e) Se exceda el área máxima establecida por la Ley.

f) El petitorio se ha formulado sin cumplir con lo

Las áreas de los derechos mineros extinguidos se revertirán a favor del Estado para que sean objeto de la formulación de nuevos petitorios mineros

establecido por los artículos 65° y 68° de la Ley (petitorio minero formulado sobre áreas no sujetas de libre disponibilidad o sean solicitadas por el anterior titular o parientes hasta el segundo grado de consanguinidad o de afinidad, hasta dos años después de haber sido publicadas como denunciables).

g) Sean peticionados por extranjeros en zona de frontera cuya solicitud sea expresamente desaprobada o que, transcurridos seis (6) meses de dicha solicitud, se acojan al silencio negativo y consideren su solicitud como denegada y consentida.

h) Sean formulados en Áreas de no Admisión de Denuncios o Petitorios Mineros.

i) Estén incursos en la causal prevista en el artículo 3° del Decreto Supremo N° 008-2002-EM (petitorios mineros ubicados en área urbana establecida después de solicitado el petitorio)

3. Cancelación:
La legislación minera dispone en los artículos 64°, 114° y 120° del TUO de la Ley General de Minería, que la cancelación de petitorios mineros se produce cuando exista:

- Superposición total a derechos mineros prioritarios.
- Cuando el derecho resulta inubicable.
- Superposición total a áreas restringidas a la actividad minera.

4. Abandono:
De acuerdo a lo establecido en los artículos 62° y 151° del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, son causales de abandono:

Incumplimiento por el interesado de las normas del procedimiento minero aplicables al título en formación.
Vencimiento de los plazos o sus prórrogas por incumplimiento del interesado.

5. Renuncia:
La renuncia es una causal de extinción que consiste en la dejación voluntaria y expresa, total o parcial de algún derecho minero sea en la fase del petitorio, como cuando ya se otorgó el título de concesión minera.

El artículo 139° del TUO de la Ley General de Minería permite la renuncia parcial siempre que el área retenida sea no menor a una cuadrícula de (100) cien hectáreas.

CAUSALES DE EXTINCIÓN DE CONCESIONES MINERAS (Concluido el Procedimiento Ordinario Minero - POM)

Según el segundo párrafo del artículo 10° del TUO de la Ley General de Minería, las concesiones mineras son irrevocables, en tanto se cumpla las obligaciones que la ley exige para mantener su vigencia.

1. Caducidad:
El artículo 59° del TUO de la Ley General de Minería señala que produce la caducidad de denuncios, petitorios y concesiones mineras, el no pago oportuno del derecho de vigencia o de la penalidad, según sea el caso, durante dos (2) años consecutivos.

2. Nulidad:
Los artículos 35° y 63° del TUO de la Ley General de Minería establecen las causales de nulidad:

- La adquisición de la integridad o parte de las concesiones que realicen los funcionarios y servidores inhábiles es nula, y lo adquirido pasará al
- Estado sin costo alguno.
- Es causal de nulidad de las concesiones mineras haber sido formuladas por funcionarios y servidores inhábiles.

DESTINO DE LAS ÁREAS DE LOS DERECHOS MINEROS EXTINGUIDOS

Las áreas de los derechos mineros extinguidos se revertirán a favor del Estado para que sean objeto de la formulación de nuevos petitorios mineros. Para solicitar nuevas áreas correspondientes a concesiones mineras y petitorios mineros declarados extinguidos por causal de abandono, caducidad, nulidad, renuncia o que hubieren sido rechazados en el momento de su presentación, es

necesario que dichas áreas sean publicadas como denunciables, conforme lo dispone el artículo 65° del TUO de la Ley General de Minería.

La extinción de los denuncios, petitorios y concesiones mineras será declarada por Resolución del Presidente del Consejo Directivo del INGEMMET y se notificará conforme al artículo 161° del TUO de la Ley General de Minería.

La caducidad por falta de pago del Derecho de Vigencia o Penalidad será declarada por el Presidente del INGEMMET por Resolución Colectiva, la que será notificada mediante publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Posteriormente, la relación de las áreas de libre denunciabilidad se publicará en el Diario Oficial El Peruano, dicha publicación se hará, por una sola vez, en los meses de marzo, junio y setiembre, permitiéndose formular nuevos petitorios a partir del primer día útil de los meses de mayo, agosto y noviembre.

Debemos indicar, que la publicación de libre denunciabilidad de los derechos mineros declarados caducos por falta de pago del Derecho de Vigencia o Penalidad, se efectuará la última semana del mes siguiente de publicada la resolución de caducidad. Estas áreas podrán peticionarse a partir del primer día hábil, luego de vencido el mes inmediatamente posterior a su publicación de libre denunciabilidad.

Finalmente, es pertinente señalar, de conformidad con el artículo 68° del TUO, que las áreas correspondientes a concesiones y petitorios caducos, abandonados, nulos y renunciados no podrán ser peticionados por el anterior concesionario ni por sus parientes hasta el segundo grado de consanguinidad o de afinidad, sino hasta después de dos años de efectuada la publicación. ■

EL DATO

¿Qué es una concesión minera?
Es el acto administrativo por medio de cual el Estado otorga a un particular el derecho de explorar y explotar los recursos minerales concedidos dentro de un área determinada por coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM).

CONCURSO DE DIBUJO:
Prevención de desastres de origen sísmico y volcánico

I Concurso Provincial de Dibujo en Arequipa

El 26 de setiembre se realizó el I Concurso provincial de dibujo sobre "Prevención de desastres de origen sísmico y volcánico" organizado por la Subgerencia de Defensa Civil, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet) y la Dirección de Gestión Educativa Local Arequipa Norte.

El objetivo principal fue fomentar en los estudiantes escolares una cultura de prevención ante los desastres de origen sísmico y volcánico, que incluya acciones de reducción, preparación y respuestas adecuadas.

El concurso se desarrolló de manera simultánea en las diferentes instituciones educativas que pertenecen a la UGEL Arequipa Norte, con la participación de escolares del nivel primario y secundario, agrupados en 04 categorías: Categoría A) niños de 3° y 4° de primaria, categoría B) 5° y 6° grado de primaria, y en el nivel secundario la categoría C) 1°,2° y 3°, y 4° y 5° año en la categoría D. Los colegios elegirán los mejores trabajos que representen a su institución, posteriormente el jurado calificador hará la evaluación de los mejores trabajos, y el 06 de octubre dará a conocer los resultados.

La premiación se realizará el día 13 de octubre, fecha en la que también se celebra el "Día Internacional para la Reducción de Desastres" declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas.

INGEMMET estará presente en el **"ENCUENTRO MINERO MÁS IMPORTANTE DEL PERÚ"**

Del 13 al 17 de octubre, INGEMMET participará del X Congreso Nacional de Minería (CONAMIN), denominado "El Encuentro Minero más importante del 2014". Este evento, organizado por el Capítulo de Minas del Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Departamental Lima, se realizará en la ciudad de Trujillo en el local de TECSUP, y espera concentrar a más de 12 mil visitantes y a más de 1500 expositores procedentes de distintas partes del interior del país y Sudamérica.

La organización de este congreso pretende reimpulsar una cadena productiva en el norte del país, ante la baja en los precios de los minerales y el incremento de los costos, considerando debatir propuestas de analistas y especialistas del sector. "Urge un liderazgo del sector empresarial para generar una sinergia de los proveedores, con las empresas mineras, asentadas en el norte del país", precisó el ingeniero Heraclio Ríos, presidente de esta edición del evento.

Durante el congreso se presentaran más de 150 trabajos de investigaciones desarrolladas por empresas mineras y diferentes organismos especializados, además, contará con la participación de profesionales de países como Ecuador, Colombia y Chile.

La participación de INGEMMET se desarrollará a través de conferencias magistrales, a cargo de los ingenieros Eder Villareal y Jorge Acosta, quienes expondrán los temas: "Inventario de Recursos Minerales, Evaluación de Recursos y Potencial Minero en el Perú" y "El futuro de la dotación de cobre en el Perú" respectivamente.

Así mismo, la ingeniera Roxana Mendoza presentará el trabajo de investigación titulado "Análisis del contenido de oro a niveles traza en sedimentos por atomización electro térmica", y la ingeniera Alejandra Díaz participará de la mesa redonda sobre "Comercio exterior de Rocas y Minerales Industriales del Perú".

Cabe resaltar que INGEMMET también contará con un stand de difusión en el que explicará los usos y funcionalidades del Sistema Geológico Catastral Minero, GEOCATMIN y expondrá las fotografías ganadoras del concurso "En Busca de la GeoFoto 2014", que fuera organizado el mes de agosto por motivo de su 35 aniversario. ■

INGEMMET desarrollará **CURSOS ESPECIALIZADOS EN CONGRESO DE GEOLOGÍA**

XVII CONGRESO PERUANO DE GEOLOGÍA

En el marco del XVII Congreso Peruano de Geología que se realizará del 12 al 15 de octubre en la Pontificia Universidad Católica del Perú, destacados ingenieros geólogos del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET- tendrán a su cargo el desarrollo de importantes cursos especializados.

El primero de ellos estará a cargo de la ingeniera geóloga Miriam Mamani Huisa, asesora de investigación geológica del INGEMMET, docente del programa de maestría de la UNI e investigadora asociada de la Universidad de Göttingen (Alemania), quien del 11 al 12 de octubre desarrollará el Curso pre Congreso: "Litogeoquímica y magmatismo de rocas ígneas relacionadas a depósitos minerales", donde explicará la teoría básica de geoquímica de magmas para poder determinar las características litogeoquímicas y aplicarlas en la exploración de yacimientos minerales.

Asimismo, el ingeniero geólogo Rildo Rodríguez Mejía, master de la Universidad Politécnica de Madrid y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con más de 15 años de experiencia en geología estructural y actual servidor del INGEMMET, tendrá a su cargo el Curso post Congreso: "Geología estructural y análisis de cuencas meso-cenozoicas en la exploración de yacimientos minerales", que se llevará a cabo el 17 y 18 de octubre, y donde se dictarán temas relacionados al entendimiento de las fallas que controlan las cuencas sedimentarias en un determinado periodo, así como la mineralización hospedada en éstas.

Finalmente, el vulcanólogo Marco Rivera Porras, quien tiene una maestría y doctorado en vulcanología geoquímica en la Universidad Blaise Pascal (Francia) y que actualmente desarrolla estudios de geología y evaluación de peligros en los volcanes activos el sur peruano en el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, realizará del 17 al 19 de octubre un curso teórico práctico de Vulcanología Física. Este curso permitirá a los participantes identificar los tipos de depósitos y secuencias volcánicas, la composición petro-mineralógica de los depósitos en base a sus características y constituyentes minerales, así como entender los diversos tipos de erupciones volcánicas y conocer las zonas más vulnerables en caso de una erupción.

Cabe precisar que además de los cursos, INGEMMET participará con más de 50 presentaciones de distintas especialidades geo científicas, y contará con un stand de atención al público que estará presente durante todo el evento. ■

INGEMMET PRESENTARÁ
Potencial Minero del Perú en China Mining 2014

La delegación de especialistas e investigadores del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet) presidido por la ingeniera Susana Vilca Achata, participará en el China Mining y en el Exploration Exchange 2014, eventos que se realizarán entre el 20 y 25 de octubre en las ciudades de Tianjin y Beijing.

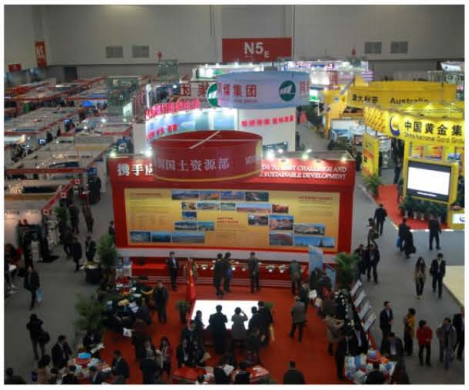
La Misión peruana participante, estará integrada por distintas instituciones y empresas como el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), el Ingemmet, el Instituto de Ingeniero de Minas de Perú (IIMP), Minera Las Bambas, entre otras.

En esta oportunidad, Ingemmet presentará las conferencias tituladas: "Relevancia del Instituto Geológico Peruano en la promoción del sector minero" (Nanjin), y "Potencial Geológico y Minero en el Perú: Nuevas Oportunidades" (Beijing), que estarán a cargo de la ingeniera Susana Vilca y la ingeniera Mirian Mamani respectivamente.

"Eventos como el de China Mining permiten conocer las tendencias en investigación y sus aplicaciones en el mundo minero. En un solo lugar se puede analizar y comparar el nivel de acción de los servicios geológicos de países mineros, a partir de esa información planificamos nuestros proyectos científicos del futuro", manifestó la ingeniera Vilca.

EXPLORATION EXCHANGE CHINA, evento realizado por primera vez en el mundo, es comparado con el Prospectors and Developers Association of Canada (PDAC); ya que concentra a los principales bancos chinos y bolsas de valores del mundo, configurando espacios en los que se pueda captar recursos financieros necesarios para la ejecución de proyectos. ■

CHINA MINING
中国国际矿业大会



INGEMMET ya cuenta con oficinas en Ancash, Cajamarca, Junín y Piura

Acercar el servicio del Procedimiento Ordinario Minero a los usuarios para facilitar y acelerar los trámites relacionados a las concesiones mineras, así como transferir información geológica para el conocimiento del territorio orientado a autoridades, profesionales, empresarios y comunidad en general, actores principales en el desarrollo local, regional y nacional; son los motivos principales que demandan a instituciones especializadas como Ingemmet a contar con espacios descentralizados.

Es así que, dentro del marco del Proyecto de Inversión Pública, se desarrolló la instalación de los Órganos Desconcentrados (OD) del Ingemmet en las regiones de Ancash, Cajamarca, Junín y Piura, los cuales se suman a las oficinas que ya vienen trabajando en Cusco, Madre de Dios, Trujillo, Arequipa y Puno .

A partir del 17 de setiembre del presente año, por resolución de presidencia del Ingemmet , estas ODs se encuentran autorizadas para recibir petitorios mineros, además de brindar asesoría, facilitar información relacionada a los petitorios y concesiones mineras, ejecutar el acto de remate de áreas simultáneas, entregarán copias certificadas y coordinar con las autoridades para difundir actividades geológicas.

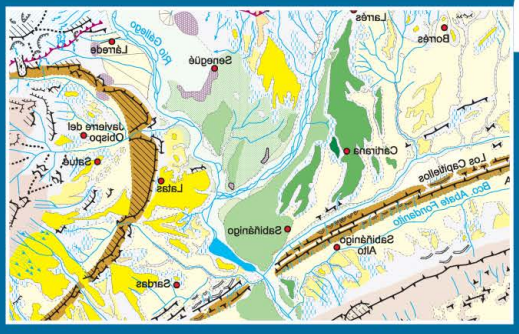
De esta forma, Ingemmet reafirma su compromiso en la mejora continua en la prestación de sus servicios a sus distintos usuarios de la zona norte y centro del país. ■

VIERNES GEOCIENTÍFICOS

Puedes acceder a nuestros Viernes Geocientíficos a través de nuestro canal institucional:
www.youtube.com/IngemmetTV

Los Mapas **GEOMORFOLÓGICOS** y su **interés** aplicado

12 SEP.



Resumen:

Esta presentación nos habla sobre los mapas geomorfológicos, los cuales son cartografías que contienen datos sobre la configuración, génesis, cronología y dinámica de las formas de relieve de un territorio. Uno de los sistemas cartográficos más expresivos es el desarrollado en el Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza, de donde el expositor es Catedrático Emérito de Geografía Física, y del que se exponen ejemplos concretos.

Expositor: ***Prof. Dr. José Luis Peña Monné***

Yacimientos **PALEONTOLÓGICOS** en la zona del **VRAEM:** Aprovechamiento **GEOTURÍSTICO**

19 SEP.

Resumen:

La presentación trata sobre la visita realizada a ocho sectores pertenecientes a la jurisdicción de los distritos cusqueños de Pichari y Kimbiri pertenecientes al VRAEM, donde se registran yacimientos paleontológicos de alto valor geológico, con fósiles marinos que corresponden a la era Paleozoica. Además de los espectaculares paisajes que presenta la zona, podría constituirse en un lugar de interés geológico, educativo y geoturístico.

Expositores: ***Ing. Luz Tejada / Ing. Billberto Zavala***

Elaboración del **MAPA GEOLÓGICO DE AMÉRICA DEL SUR** a Escala 1:5M y el **MAPA GEOLÓGICO DE RECURSOS MINERALES** de América del Sur a escala 1:1M

03 OCT.

Resumen:

El Ubinas, volcán más activo del Perú, inició su última crisis volcánica en el mes de setiembre del 2013. Sin embargo, en los últimos meses ha incrementado su actividad eruptiva con grandes cantidades de ceniza, gases y hasta la eyección de proyectiles balísticos. INGEMMET, a través de su Observatorio Vulcanológico, se encuentra en constante trabajo de monitoreo sísmico, geodésico, geoquímico y visual; asimismo es la entidad encargada de la elaboración de los mapas de peligros volcánicos.

Expositor: ***Ing. Dina Huanacuni***

El VRAEM guarda escondido

UN IMPORTANTE PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

Pueblo Libre. Se identifica abundante fauna fósil de trilobites y braquiópodos

Cuando llegas al valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro, conocido como VRAEM, luego de casi siete horas de recorrido desde la ciudad de Ayacucho, lo primero que llama la atención es el clima tranquilo que se respira a diferencia de las infortunadas noticias que publican en los medios. En el corazón del VRAEM se siente el calor que ofrecen los pobladores, al igual que el calorcito tropical, la riqueza del paisaje combinando palmeras, verdes montañas y el río Apurímac que desciende zigzagueando de sur a norte.

Es justamente en este sector entre estos dos distritos cusqueños, en la margen derecha del río Apurímac, donde encontramos yacimientos paleontológicos de alto valor geológico, con fósiles marinos que corresponden al período Ordovícico entre los pisos Floiano-Darriwiliano que indican 477.7-458.4 millones de años. Además de las espectaculares características paisajistas y geomorfológicas que presenta la zona del VRAEM, esta zona podría constituirse en una zona de interés geológico, y ser protegida con fines científicos, educativos y geoturísticos.

La investigación geológica efectuada por Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, INGEMMET registra en sus afloramientos, descubiertos por la apertura de trochas y canteras de la zona, secuencias sedimentarias de lutitas y areniscas finas, correspondientes a la era Paleozoica. Las

Zona de Cataratas, afloramiento de lulitas con registro de graptolitos

zonas donde se identifican los yacimientos paleontólogicos son los sectores de Pueblo Libre, Monkerenshi, Libertad, Tarancato, Omaya, Catarata, Nueva Alianza y Villa El Salvador, en una franja aproximada de 20 km de longitud (Gráfico 1).

Se identifica variedad de fauna de trilobites (artrópodos marinos extintos), braquiópodos (invertebrados marinos), graptolitos (hemicordados marinos extintos), estos organismos marinos que se presentan en la superficie de las pizarras negras, a manera de líneas dentadas diferenciado por un color blanco), se puede apreciar en las imágenes.

El recorrido existente en Kimbiri y Pichari se presenta como una zona de alto potencial geoturístico que además complementaría y

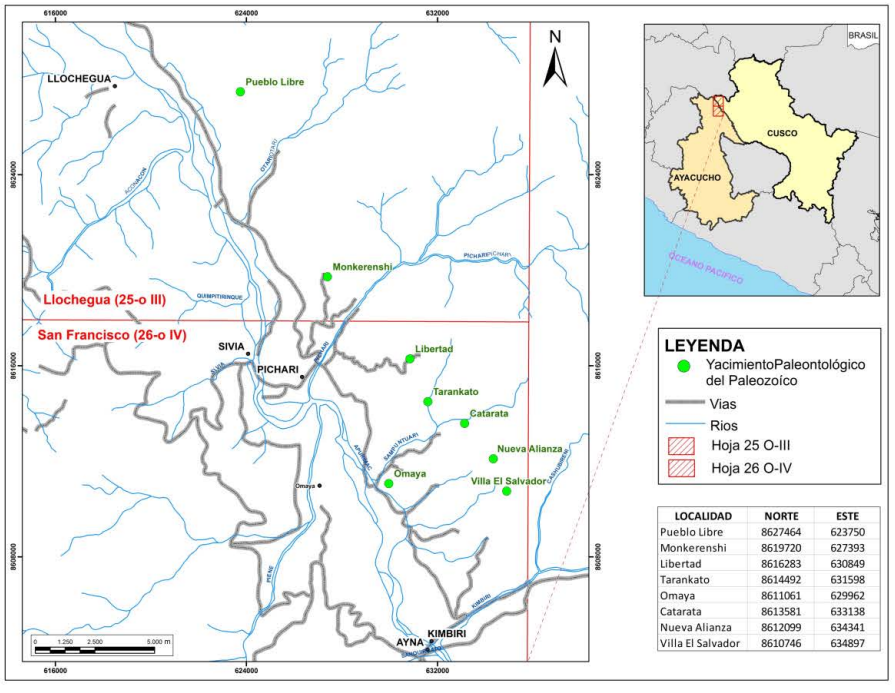


Gráfico 1.Yacimientos paleontológicos donde se realiza la investigación

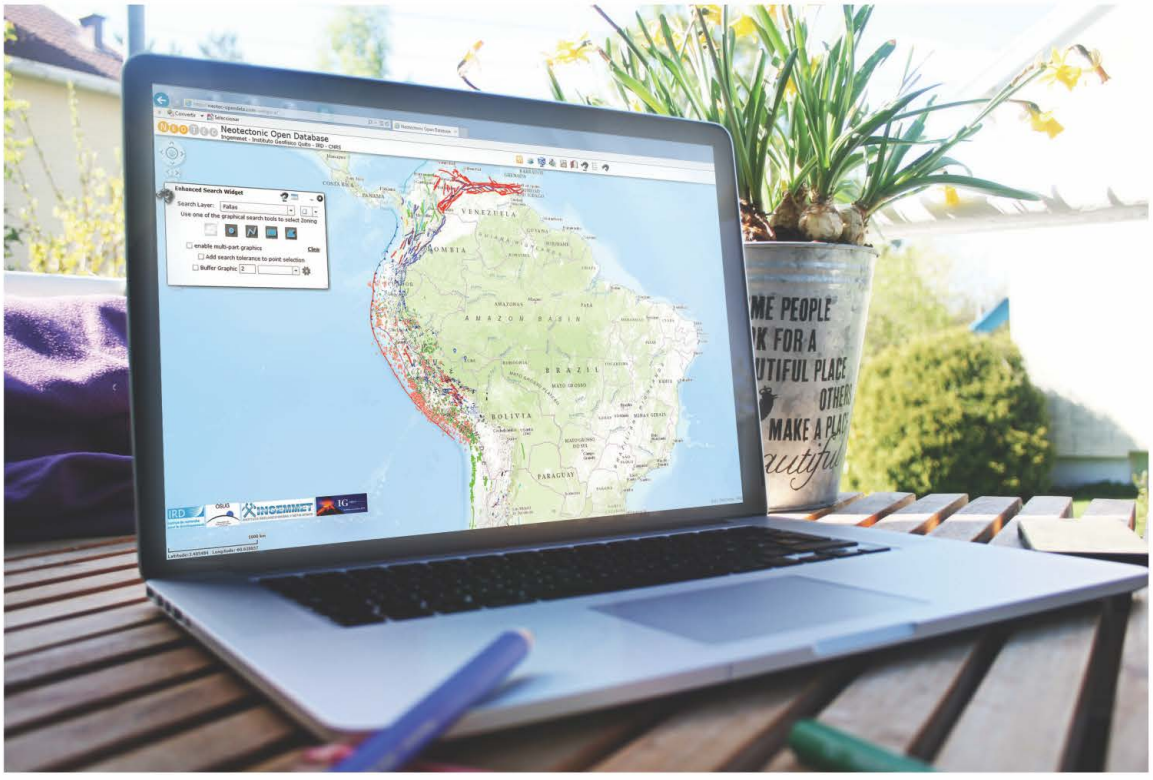
Monkerenshi, Lutitas conteniendo trilobites.

fortalecería el turismo existente relacionado con el circuito de las Cataratas, con cataratas de hasta 110 metros de altura como la denominada El Ángel, potajes típicos, costumbres de la zona (presencia de comunidades nativas asháninka) que merecen un tratamiento especial que permita valorar, proteger y promover su conocimiento en beneficio de la región y el país.

Esta investigación ha permitido corroborar la existencia de lugares de alto valor científico y cultural sobre los que, lamentablementepor desconocimiento, no se toma ninguna medida para protegerlos, cuidarlos y ponerlos en valor. Por el contrario, actualmente son lugares donde este rico patrimonio es utilizado como canteras de material de construcción, perdiéndose importante información.

Los fósiles encontrados evidencian una fauna marina paleozoica no reportada antes con esta envergadura en otra zona del país. Un estudio geológico más detallado en las formaciones geológicas que albergan estos fósiles, permitirá delimitar la línea de tiempo geológico del Ordovícico en esta parte de la cordillera suroriental. Se constituye entonces en una zona de alto interés geológico que darían mejores luces sobre el Paleozoico inferior peruano por lo que amerita una prospección paleontológica más detallada.

El compromiso del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, en su rol promotor y de difusión de las ciencias geológicas, radica en concretar la investigación y dar a conocer, capacitar y asesorar a autoridades y población sobre el potencial existente y el uso que se puede dar a través de rutas geoturísticas, programas de conservación de patrimonio natural, entre otros que permitan difundir y proteger este increíble espacio natural de nuestro país.



Ingemmet e IRD-Francia presentan

GEODATA DE FALLAS ACTIVAS EN LOS ANDES

El pasado 24 de julio del presente, se desarrolló la conferencia "Avances y resultados de los estudios relacionados a fallas geológicas activas y sismicidad asociada en el Perú", expuesta por el especialista del Ingemmet MSc. Carlos Benavente Escobar, quien estuvo acompañado de los doctores Jean Loup Guyot y Laurence Audin, representantes del IRD-Francia en Perú.

El estudio, que fuera realizado en cooperación con el Institut de recherche pour le développement IRD- Francia, registra las fallas activas de los Andes, que serán incorporadas a la base de datos del portal web Neotec Open Data, plataforma virtual que concentra información de la región andina. Este portal web se desarrolla en el marco de la cooperación científica en temas relacionados a la neotectónica de Sudamérica, el cual recoge información consolidada de los distintos estudios sobre fallas geológicas a lo largo del continente, que fueran realizados en las últimas décadas.

El objetivo es presentar un mapa unificado de fallas activas de los diferentes ámbitos tectónicos y climáticos de los Andes, difundir la información geocientifica y proponer una comunicación científica online. El grupo de trabajo está conformado por profesionales especialista del Ingemmet (Perú), Instituto Geofísico Quito (Ecuador) y del IRD- Francia.El portal compila estudios multinacionales tales como el Proyecto SISRA "Sismicidad y Riesgos Sísmicos de la Región Andina", y el PMA-GCA "Proyecto Multinacional Andino – Geociencias para las Comunidades Andina", entre otros.

En esta perspectiva, el Ingemmet aporta a través de sus investigaciones para brindar información actualizada a la comunidad científica, tanto a nivel nacional como internacional. ■

Próxima PUBLICACIÓN de **BOLETINES:**

INGEMMET

Av. Canada 1470, San Borja, Lima 41 - Perú
Teléfono: 51-1-6189800
comunicacion@ingemmet.gob.pe
www.ingemmet.gob.pe

Encuéntranos en: