

**ACUERDO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL
ENTRE EL INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET)
Y EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO (IRD)**

El **INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO**, del Sector Energía y Minas de la República del Perú, con Registro Único de Contribuyente N° 20112919377, con domicilio en la Avenida Canadá N° 1470, Distrito de San Borja, Provincia y Departamento de Lima, debidamente representado por el ingeniero **OSCAR HUBERT BERNUY VERAND**, Presidente del Consejo Directivo, identificado con DNI N° 10491805 y designado por Resolución Suprema N° 011-2016-EM de fecha 9 de setiembre de 2016, a quien en adelante se le denominará **INGEMMET** y de la otra Parte el **INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO (IRD) (Institut de recherche pour le développement)** con domicilio en 44, Boulevard de Dunkerque CS 90009 F-13572 Marseille Cedex 02, Francia, representado por el Profesor **JEAN-PAUL MOATTI**, Presidente – Director General, identificado con Pasaporte Diplomático N° 14CD03663 y nombrado mediante el Decreto del 11 de marzo de 2015, a quien en adelante se le denominará **IRD**.

Ambos, en adelante denominados “Las Partes”.

Considerando que con fecha 4 de setiembre de 2008 se suscribió el Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el Instituto de Investigación para el Desarrollo (**IRD** por sus siglas en francés) y el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (**INGEMMET**) por un periodo de cuatro (4) años, el cual fue prorrogado mediante Adenda N° 1 de fecha 28 de agosto de 2012, hasta el 4 de setiembre de 2016.

El 12 de febrero de 2016 Las Partes firmaron la Adenda N° 2 con el objeto de incorporar dos (02) nuevos Proyectos de Investigación (Anexo IV. “Estudio Hidrogeológico de acuíferos kársticos andinos y Anexo V: “Programa COPEDIM: Pedimentación y cobre supergénico”).

Considerando, que el **INGEMMET** es un Organismo Público Técnico Especializado del Sector Energía y Minas del Perú, con personería jurídica de derecho público y que en el ejercicio de sus funciones, goza de autonomía técnica, económica y administrativa, constituyendo un Pliego Presupuestal, y tiene como objetivo la obtención, almacenamiento, registro, procesamiento, administración y difusión eficiente de la información geocientífica y aquella relacionada a la geología básica, los recursos del subsuelo, los riesgos geológicos y el geoambiente para promover su conocimiento y desarrollo, entre otras funciones.

Considerando que el **IRD** es un establecimiento público bajo la tutela de los ministerios de Educación Superior e Investigación y de Relaciones Exteriores y Desarrollo Internacional. Por su red y su presencia estructurada en una cincuentena de países, posee un enfoque original en investigación, pericia, capacitación e intercambio de conocimientos en beneficio de los territorios y países que hacen de la ciencia y la innovación uno de los principales motores de su desarrollo.

CLÁUSULA PRIMERA: DEL OBJETO

El presente Acuerdo tiene como Objeto definir las modalidades de cooperación científica y técnica entre las Partes en el campo de las Ciencias de la Tierra, en el Perú. Esta cooperación científica podrá tomar las siguientes formas:



- Realización de programas conjuntos de investigación;
- Realización de informes a petición de una de las Partes;
- Acciones de formación y capacitación en investigación y perfeccionamiento de personal y profesionales;
- Acogida o intercambio recíproco de personal y profesional entre las Partes,
- Intercambio de información científica y técnica;
- Organización de seminarios, coloquios y conferencias;
- Respuestas conjuntas a convocatorias a concursos nacionales, regionales e internacionales;
- Acciones de valorización de los resultados; y cualquier otra actividad en que las Partes estén de acuerdo, previa Adenda al presente Acuerdo y en el marco de los objetivos institucionales de las partes.



La descripción de los programas de investigación se detalla en los siguientes Anexos que forman parte integrante del presente Acuerdo:



Anexo I : “Interacción entre la deformación y los procesos de erosión en el Perú”.

Anexo II : “Estudios de Vulcanismo cuaternario, dinamismo eruptivo de los volcanes activos y evaluación de los peligros volcánicos en el Sur del Perú”.

Anexo III : “Investigación sobre deslizamientos activos y potencialmente activos en el Perú”.

Anexo IV : “Estudio Hidrogeológico de acuíferos kársticos andinos”

Anexo V : “Programa COPEDIM: Pedimentación y cobre supergénico”.



CLÁUSULA SEGUNDA: DE LOS COMPROMISOS DE LAS PARTES

2.1. El IRD se compromete a:

- Poner a disposición y enviar en misión, en función de sus posibilidades, al personal científico requerido por los programas llevados conjuntamente; la lista del personal nombrado por el IRD para cada programa se enumeran en los Anexos I, II, III, IV y V.
- Informar a los Coordinadores de los posibles cambios del personal del IRD, incluidos los responsables científicos nombrados para la realización de los programas.
- Contribuir, en función de sus posibilidades, con la adquisición de los equipos necesarios para las actividades de campo y laboratorio previstas por los programas.
- Contribuir, en función de sus posibilidades, con los gastos necesarios para las actividades de campo, gabinete y laboratorio del programa.
- Participar con su experiencia, organización y capacidad operativa para garantizar el buen funcionamiento y la continuidad de este Acuerdo.



2.2. El INGEMMET se compromete a:



- Poner a disposición, en función de sus posibilidades, la infraestructura y los equipos necesarios para la realización de los programas; la lista del personal nombrado por el **INGEMMET** para cada programa se enumeran en los Anexos I, II, III, IV y V.
- Informar a los Coordinadores de los posibles cambios en el personal de **INGEMMET**, incluidos los responsables científicos nombrados para la realización de los programas.
- Participar con la experiencia del personal, doctores, ingenieros, técnicos, estudiantes, colaboradores en la ejecución de los programas.

CLÁUSULA TERCERA: DE LOS ACUERDOS ESPECÍFICOS



Para el cumplimiento de los fines del presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional, las Partes promoverán las suscripciones de Acuerdos Específicos, en los campos de cooperación y asistencia mutua señalados en el Objeto de presente Acuerdo. Los mismos que deberán proporcionar información detallada sobre los objetivos, plazos, presupuesto, modo de ejecución, y demás tareas correspondientes a cada una de las Partes, así como las condiciones a que hubiera lugar.



CLÁUSULA CUARTA: DEL FINANCIAMIENTO

Las Partes convienen en precisar que tratándose el presente de un Acuerdo de Cooperación, su ejecución no genera transferencias de recursos económicos, compromisos financieros, ni pagos como contraprestación alguna entre las Partes.



Los gastos que surjan para la implementación del presente Acuerdo serán solventados por las respectivas Partes, conforme a su disponibilidad presupuestaria y sujetándose a la legislación de cada una de ellas sobre la materia.

Las Partes, de considerarlo pertinente, podrán utilizar mecanismos de financiamiento externo para actividades específicas.

CLÁUSULA QUINTA: DE LA VIGENCIA



Las Partes convienen que la duración del presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional es de cuatro (04) años, el mismo que surtirá efectos al día siguiente de su suscripción; pudiendo ser prorrogado o modificado mediante una Adenda.

CLÁUSULA SEXTA: DE LA COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Para efecto de coordinar la implementación del presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional, las Partes, constituirán un Comité de Coordinación, conformado por dos (02) representantes por cada institución, uno titular y otro alterno. El Comité se encargará de elaborar las propuestas de Acuerdos Específicos, en caso sean necesarios para el Objeto del Acuerdo; así como, realizará el seguimiento y evaluación de las actividades programadas, conforme a los lineamientos establecidos y darán cuenta a sus respectivas autoridades.

Los compromisos que se desarrollen como producto del presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional, serán ejecutados de manera conjunta y coordinada por los siguientes funcionarios, los mismos que conformarán el Comité de Coordinación:



- Por el **INGEMMET**: El Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (Titular) y a quien éste designe como su representante (Alterno).
- Por el **IRD**: El Representante del IRD en el Perú (Titular) y a quien éste designe como su representante (Alterno).

Los Coordinadores se encargarán de proponer los programas, así como de efectuar el seguimiento y control de ejecución correspondiente; elaborarán un informe anual sobre el cumplimiento de las actividades, analizando los resultados obtenidos, conforme a los lineamientos establecidos y darán cuenta a sus respectivos órganos rectores.



CLÁUSULA SÉPTIMA: DE LA PROTECCIÓN DE INFORMACIÓN CLASIFICADA

Las Partes se comprometen a proteger la información clasificada que puedan intercambiar de conformidad con sus respectivas legislaciones nacionales, y a nivel similar que el otorgado por la Parte que otorgó la información.

De igual manera, las Partes acuerdan utilizar la información intercambiada únicamente para efectos del presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional y para ningún otro propósito. Asimismo, se comprometen a no transferir esta información a terceros salvo previa autorización expresa, por escrito, de la Parte que proporcionó la información en cuestión. La información producida de manera conjunta requerirá la aprobación de ambas Partes para su transferencia a terceros.



Las obligaciones señaladas en este artículo se extienden más allá de la terminación de este instrumento.



CLÁUSULA OCTAVA: ACOGIDA RECÍPROCA DE PERSONAS

El personal de una Parte acogido en los locales de la otra Parte se someten a las reglas de higiene y de seguridad en vigor de dichos locales, conforme a los reglamentos internos e instrucciones que les serán comunicadas respecto a la utilización del material.

Las Partes conservan la responsabilidad administrativa y científica de su personal respectivo. En caso de accidentes que conciernen al personal de una de las partes acogido en los locales de la otra parte, ésta última advertirá a la Parte empleadora a la mayor brevedad, de conformidad con el párrafo anterior.



Una Parte no puede ser considerada como empleador sea cual fuere el contrato laboral celebrado por la otra parte, para la aplicación del presente acuerdo.

En el caso que una de las partes acoja a terceras personas (estudiantes, investigadores, invitados, etc.) por iniciativa de la otra Parte, ésta última se asegura de que dichas personas hayan suscrito todos los seguros adecuados.



CLÁUSULA NOVENA: DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

La protección y distribución de la Propiedad Intelectual constituida en virtud del presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional deberá estar sujeta a las leyes aplicables sobre Propiedad Intelectual de ambos países.



Toda difusión, publicación o utilización de dicha propiedad intelectual deberá ser previamente autorizada por las Partes.

La protección de los derechos de propiedad intelectual se realizará de conformidad con las legislaciones nacionales de los Estados de las Partes y los convenios internacionales aplicables.

La información o conocimiento que se genere como consecuencia de los trabajos conjuntos realizados por las Partes o con información sustancial suministrada por cualquiera de ellas en el marco del presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional, será de propiedad de ambas Partes.



CLÁUSULA DÉCIMA: DE LA MODIFICACIÓN Y TERMINACIÓN

- a) **DE LA MODIFICACIÓN.** Toda modificación de los términos contenidos en el presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional deberá realizarse previo acuerdo de las Partes y mediante Adenda, la que deberá constar por escrito y ser suscrita bajo la misma modalidad y con las formalidades con que se suscribe el presente instrumento.
- b) **DE LA TERMINACIÓN.** Son causales de resolución del presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional:
 1. Por incumplimiento de alguna de las partes, de cualquiera de los compromisos estipulados en el presente Acuerdo. Previamente, la Parte afectada deberá comunicar por documento escrito el incumplimiento del compromiso, otorgándole un plazo no mayor de quince (15) días hábiles para el cumplimiento, si vencido dicho plazo persiste el incumplimiento se procederá a resolver el Acuerdo.
 2. Por falta de disponibilidad presupuestal que imposibilite la ejecución total del Acuerdo.
 3. Por mutuo acuerdo, que deberá constar por escrito, y ser suscrito bajo la misma modalidad y con las mismas formalidades con que se suscribe el presente Acuerdo, conforme lo dispuesto en la **cláusula quinta** del mismo.
 4. Por decisión unilateral de una de las partes, sin expresión de causa, bastando para ello una comunicación escrita a la otra parte, con una anticipación de sesenta (60) días calendario.



Con la resolución se darán por concluidas las actividades materia del presente Acuerdo y de los Acuerdos Específicos, debiendo ambas Partes elaborar un informe completo de lo avanzado hasta la fecha.

Las Partes deberán adoptar las medidas necesarias para evitar o minimizar perjuicios tanto a ellas como a terceros.



CLÁUSULA DÉCIMA PRIMERA: DE LA LIBRE ADHESIÓN Y SEPARACIÓN

Las partes se adhieren libremente al presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional. Asimismo, pueden separarse libremente del mismo, para lo cual bastará el aviso escrito a la otra



Parte, haciendo valer la presente Cláusula de libre separación. Las Partes deberán adoptar las medidas necesarias para evitar o minimizar perjuicios tanto a ellas como a terceros.

Ambas Partes acuerdan que el presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional podrá ser modificado por mutuo consentimiento y mediante adendas, siguiendo para ello el debido procedimiento.

CLÁUSULA DÉCIMO SEGUNDA: DE LOS IDIOMAS OFICIALES

El presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional y los documentos que se suscriban durante su ejecución serán redactados en el idioma castellano y francés.

CLÁUSULA DÉCIMO TERCERA: ALCANCES

El presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional y las actividades que de él se deriven, se desarrollarán en el ámbito de las competencias funcionales de las Partes, se interpreta y ejecuta conforme a sus respectivas legislaciones nacionales y no genera obligaciones internacionales para sus respectivos Estados.

CLÁUSULA DÉCIMO CUARTA: DE LA SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Cualquier asunto no previsto expresamente en el presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional y/o discrepancia en su aplicación o interpretación se resolverá por el entendimiento directo de los representantes de ambas Partes, siguiendo las reglas de buena fe y común acuerdo, en un plazo máximo de veinte (20) días hábiles.

Estando conformes con las Cláusulas del presente Acuerdo de Cooperación Interinstitucional, las Partes lo suscriben en tres (03) ejemplares igualmente válidos en castellano y francés, en señal de conformidad.



Ing. OSCAR HUBERT BERNUY VERAND
Presidente del INGEMMET

Prof. JEAN-PAUL MOATTI
Presidente – Director General del IRD

Ciudad: Lima
Fecha: 23/12/17

Ciudad: Marsella
Fecha: 18/04/2017



ANEXO I

INTERACCIÓN ENTRE LA DEFORMACIÓN Y LOS PROCESOS DE EROSIÓN EN EL PERÚ

Problemática y Objetivos generales

Los Andes constituyen una de las cadenas montañosas más altas del mundo. Se desarrollan en contexto de margen activa, donde la placa oceánica de Nazca se introduce por debajo de la placa continental Sudamericana. Los procesos de superficie que acompañan la subducción en el Perú condicionan los procesos de deformación de la placa cabalgante y a más largo plazo del relieve Andino, tanto en términos de levantamiento (construcción de topografía) como en términos de erosión (procesos de movimientos en masa).

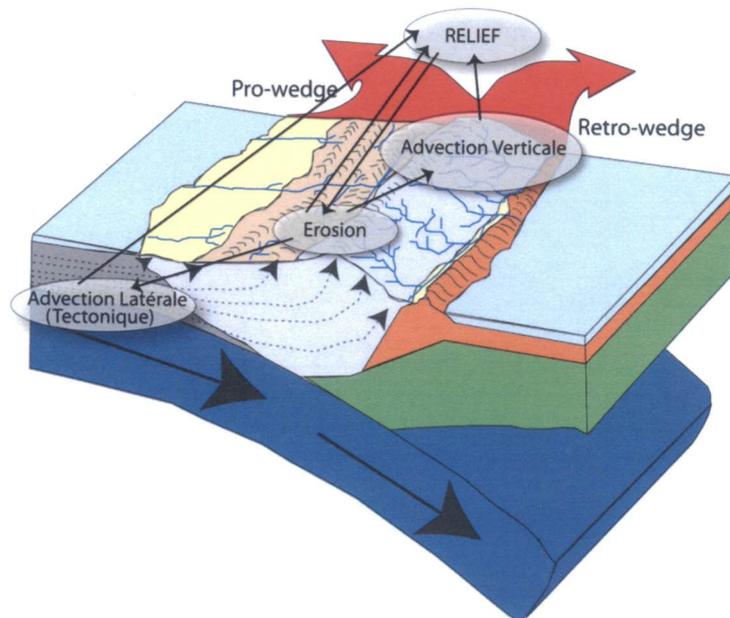


Figura 1 : Relaciones entre tectónica, relieve y erosión al nivel de un orógeno activo. La tectónica desplaza las masas de la corteza que forman los relieves. Estos relieves conllevan un incremento de las precipitaciones sobre uno de los lados (pro-wedge o retro-wedge), lo que provoca su erosión. La advección vertical (exhumación) se debe en parte a la respuesta a la erosión vía los mecanismos isostáticos y a la tectónica: Modificado según Stolar et al. (2006).

Las interacciones entre la deformación y los procesos de erosión al nivel de una cadena montañosa pueden efectuarse bajo diferentes formas (Figura 1). En primer lugar la tectónica, crea nuevos relieves que constituyen una barrera orográfica. Este proceso es a menudo asociado a un aumento de las tasas de erosión de estos relieves inducidos por el aumento de las precipitaciones y de removilización gravitacional (procesos de movimientos en masa). La tectónica influye sobre las tasas de sedimentación controlando la arquitectura de las cuencas sedimentarias y su evolución. Recíprocamente, la erosión y la sedimentación ejercen también un control sobre la evolución estructural de la cadena. Estos procesos influyen en el estado de equilibrio del relieve por isostasia.

Mientras que el debate sigue siendo en la actualidad sobre las interacciones tectónica / clima / erosión, se ha demostrado que la formación de los Andes influyó notablemente sobre el clima y particularmente sobre la circulación atmosférica. En tal sentido, los Andes peruanos constituyen un objeto importante para poder definir, comprender y cuantificar los procesos de superficie de

la Tierra a varias escalas, desde la cadena montañosa, los plateaux, las fallas que la estructuran, hasta la terraza aluvial o el deslizamiento que son marcadores de erosión.

El programa de investigación comprende 5 temas principales:

1) Estudio de los mecanismos de deformación y de fallas activas

Las numerosas fallas activas (a la escala del Cuaternario) afectan los relieves de la cadena de los Andes desde la franja costera hasta el Altiplano y la Cordillera Oriental. Algunas regiones del Perú disponen de una cartografía actualizada, pero muchísimos segmentos de fallas quedan sin conocer o poco estudiados. Diferentes técnicas de punta (tipo Lidar o MNT) nos permitirán proponer estudios de la topografía de alta precisión (<1m) y análisis de las redes de drenaje. Además, estas informaciones y trabajos de campo aportan una base sólida para la identificación de los marcadores de la deformación o de la erosión de la cadena Andina como las terrazas aluviales y marinas o los procesos de pedimentación a escala regional.

Paralelamente a la implementación permanente del mapa neotectónico del Perú, las primeras trincheras realizadas en el Perú con fines paleosísmicos son prometedoras. Estas, nos permitirán definir magnitudes máximas, tasas de recurrencia y parámetros necesarios para la definición del riesgo sismotectónico por la placa cabalgante. Estos estudios paleosísmicos se enriquecen con la información detallada brindada por el Georadar por ejemplo.

La información adquirida se traducirá finalmente en la identificación de zonas con peligro sísmico, permitiendo generar escenarios de peligrosidad.

2) Estudio grandes deslizamientos como marcadores de deformación y erosión

Los mega-deslizamientos son uno de los principales factores de erosión de las cadenas montañosas. En el sur del Perú y norte de Chile se encuentran varios deslizamientos antiguos de grandes dimensiones. Algunos de ellos, como el desplazamientos de Caquilluco (al norte de Tacna) o el mega deslizamiento de Lluta (al este de Arica), son unos de los más grandes del mundo al respecto de sus superficies (>200 km²), de su volumen (>10km³) y de la distancia cubierta por los depósitos (>40km de longitud durante eventos de tipo avalancha de rocas).

Por su ubicación estos deslizamientos constituyen objetivos importantes para determinar tasas de erosión, ya que la aridez del clima, ofrece un escenario ideal para estudiar sus morfologías, cronología y significado en la evolución del relieve. Además, la cercanía de estos deslizamientos a una falla regional y activa Incahuasi (250 km de longitud), hace de esta zona atractiva para determinar la interacción entre la tectónica y los mega-deslizamientos. En tal sentido, quedan por responder preguntas como: ¿Cuál es el papel de la tectónica activa en la inestabilidad de las laderas? ¿Qué impacto recurrente o puntual pueden tener los fenómenos de El Niño a gran escala? ¿Cuál es el volumen de la erosión correspondiente a los grandes deslizamientos en los Andes Centrales y su contribución en la evolución de los relieves?

El análisis conjunto de los marcadores de la deformación y erosión por los mega-deslizamientos permitirá aportar respuestas a estas importantes preguntas, teniendo como laboratorios naturales y potenciales de estudio los deslizamientos de Caquilluco, Aricota, Arica, entre otros). En particular, las metodologías aplicadas incluyen: (1) análisis de geomorfología con modelos de terreno de alta resolución obteniendo con imagen Pléiades; (2) dataciones de los grandes eventos de movimiento en masa con metodología ¹⁰Be/feldespato (nucleídos cosmogónicos). Conocer la cronología de estas desestabilizaciones nos permitía acceder al tiempo de recurrencia del fenómeno con el objetivo de cuantificar la erosión total asociada. También nos permitiría investigar mecanismos de desencadenamiento a larga escala de tiempo.



3) Estudio y cronología de fallas geológicas activas y su importancia en la construcción del relieve.

En el Perú se está avanzando en la neotectónica hasta el punto de identificar sistemas de fallas activas, pero aún es escasa la información sobre el slip rate o velocidad de deslizamiento. Este punto es importante, ya que nos dará nuevas luces sobre la importancia de estas estructuras tectónicas en la construcción del relieve y su capacidad sismogénica.

En tal sentido, proponemos iniciar estudios en fallas activas y/o neotectónicas a lo largo del antearco y la Cordillera Occidental (e.g Falla Purgatorio, Cabanaconde, Calientes, Cusco, entre otras), con la finalidad de determinar el grado de la importancia de la tectónica en la construcción de los Andes centrales. La metodología a emplear se basa en dataciones por nucleídos cosmogénicos, radiocarbono C14 y termocronología, además, emplearemos análisis de imágenes de alta resolución que nos permitirán modelar la expresión estructural de la falla.



4) Cusco-PATA: Paleosismología, arqueosismología y tectónica activa.

Fuentes históricas demuestran que el Cusco fue altamente afectada por sismos de magnitudes elevadas (1650, 1950, 1986) y procesos geológicos asociados (Ej: deslizamientos), llegando en muchos casos a la pérdida de vidas humanas y a dañar parte o la totalidad de viviendas, todos estos eventos sísmicos asociados a reactivaciones de fallas geológicas. Pero aún el conocimiento de la peligrosidad sísmica es escaso. Para el conocimiento de la peligrosidad sísmica en una zona determinada es necesario conocer el ciclo sísmico o periodos de recurrencia. Una limitación en nuestros países y de todos los países andinos afectados por sismos, es que, el catálogo sísmico no es lo suficientemente completo a escala temporal para que abarque el ciclo sísmico de una zona.

Por tal motivo la importancia del estudio de fallas activas utilizando técnicas como *la paleosismología y arqueosismología*, técnicas que permitirán comprender el ciclo sísmico en la región del Cusco, pudiendo definir o determinar los sismos máximos y periodos de recurrencia o de retorno de estos eventos sísmicos. Esta información geológica será complementada con imágenes de alta resolución (1 m/píxeles) con la finalidad de observar perturbaciones tanto en la superficie del terreno como en las construcciones Pre-Incas e Incas. Asimismo, para obtener las edades utilizaremos dataciones geocronológicas tipo radiocarbono 14 (C14) y nucleídos cosmogénicos (Be10) en morrenas. Ambas informaciones nos permitirá cuantificar también la deformación y los efectos del terreno. Finalmente, el relieve abrupto en la región del Cusco, condiciona el origen y/o reactivaciones de procesos de movimientos en masa, los cuales queda por determinar el detonante, es decir si está relacionado a actividad sísmica superficial, clima y/o litología.

Los resultados nos permitirán determinar el peligro sísmico de la región del Cusco, obtener los sismos máximos o característicos y zonas susceptibles a movimientos en masa. Estos resultados serán comunicados en forma sencilla y clara a las autoridades locales y regionales para la toma de decisiones. Y deberán ser implementados en los planes de Gestión de Riesgos.

5) Estudios del levantamiento y exhumación de la cordillera de los Andes a diferentes escalas de tiempo.

Los Andes peruanos son el ejemplo clásico de una orogenia de subducción oceánica, con una subducción que comenzó antes de 450 Ma, y una orogénesis iniciada ~ 90 Ma. Sin embargo, muchas cuestiones claves como el papel y la naturaleza del engrosamiento de la corteza magmática o tectónica, o la naturaleza de las interacciones entre el proceso de subducción y la elevación de las cordilleras a lo largo de las fallas principales, son temas todavía muy debatidos. Por otra parte, a pesar de la convergencia de placa de Nazca constante, la morfología de la cadena varía de sur a norte de Perú con una significativa reducción de su



ancho, la desaparición del Altiplano y de las cuencas endorreicas asociadas. El estudio de la cronología de crecimiento, medios de elevación y la deformación de la corteza en los Andes del Perú son claves (fundamentales) para identificar los procesos que conducen a la estructura, la topografía y la variedad de los paisajes actuales.

Las recientes técnicas de geomorfología cuantitativa y de termocronología de baja temperatura (huellas de fisión y (U-Th) /He asociadas a la modelización numérica) permiten obtener informaciones cuantificables fundamentales sobre los procesos de exhumación.

(Ejemplo: Cordillera Occidental del sur y centro del Perú, Cordillera Blanca, la deflexión de Abancay, entre otros).

Proponemos además proseguir con los esfuerzos de intercambio en el marco de las formaciones (Maestrías y Doctorados).



Responsables científicos

INGEMMET: MSc. Carlos Lenin Benavente Escóbar

IRD: Dra. Laurence Audin

Personal adscrito al programa

POR EL INGEMMET

Ing. Fabrizio DELGADO MADERA
Ing. Briant García FERNANDEZ BACA
MSc. Edú TAIPE MARQUEHUA
Bach. Enoch AGUIRRE ALEGRE
Bach. Luis ALBINEZ BACA

POR EL IRD

Dr. Swann Zerathe
Dr. Xavier Robert
Dr. Peter Van der Beek
Dr. Julien Carcaillet
Dr. Stéphane Schwartz
Dra. Cécile Gautheron (GEOPS Orsay, Universidad Paris Sud)
Dr. Pascal Lacroix
MsC. Benjamin Gérard
ISTerr, Universidad de Grenoble Alpes.

ANEXO II

ESTUDIO DEL VULCANISMO CUATERNARIO, DINAMISMOS ERUPTIVOS DE LOS VOLCANES ACTIVOS Y EVALUACIÓN DE LOS PELIGROS VOLCÁNICOS EN EL SUR DEL PERÚ

Introducción

El arco volcánico cuaternario del sur del Perú está constituido por 12 volcanes activos y potencialmente activos. Entre estos edificios, seis volcanes han experimentado erupciones en los cinco últimos siglos: Misti, Ubinas, Sabancaya, Huaynaputina, Ticsani, Tutupaca. Estos volcanes amenazan una importante población en el Sur de Perú, y, en particular, la ciudad de Arequipa de aproximadamente un millón de habitantes. Durante los últimos siglos, las erupciones de estos volcanes afectaron mucho a las poblaciones del Sur del Perú, siendo los eventos más importantes el de la erupción pliniana (VEI 6) del volcán Huaynaputina (1600 d.C.), que originó la muerte de cerca de 1500 personas en los valles de Omate y Tambo, y en menor medida, la erupción explosiva del volcán Tutupaca (1802 AD). Recientemente, las erupciones del volcán Sabancaya (1987-1998) y del Ubinas (2006-2009; 2013-2016) mostraron la gravedad del impacto de las erupciones volcánicas, incluso de aquellas de magnitud moderada (VEI ~1-2), en las poblaciones que viven en los alrededores (<30 km) de estos volcanes. Estas erupciones también revelaron la necesidad de tener un conocimiento profundo de la actividad volcánica en el Sur del Perú, para efectuar así una mejor evaluación de la amenaza y establecer mapa de peligros volcánicos más fiables y más precisos.

Desde el 2005, el INGEMMET y el IRD vienen trabajando en cooperación dentro de un programa de investigación destinado a estudiar el vulcanismo plio-cuaternario del sur peruano, y evaluar los peligros y los riesgos asociados a estos volcanes. Los resultados de este programa son muy importantes, tanto a nivel científico (con numerosas publicaciones nacionales e internacionales), mapas de peligro y boletines geológicos del INGEMMET, como a nivel de la formación de profesionales peruanos a través de tesis de ingeniero, maestría y doctorado. En la actualidad, todavía resta por conocer con exactitud la historia eruptiva y la evolución magmática de varios volcanes del arco peruano, por lo cual es necesario seguir realizando investigaciones utilizando nuevas metodologías destinadas a la evaluación de las amenazas volcánicas.

Durante los últimos años (2012-2015), los estudios vulcanológicos estuvieron enmarcados dentro de un proyecto de investigación denominado "*Procesos volcánicos en el sur del Perú: cronología eruptiva, marcadores petrológicos y cartografía de los peligros*" el cual fue financiado por el IRD dentro del marco de los proyectos de investigación destinados a fortalecer los equipos de investigación emergentes (JEAJ por sus siglas en francés). Para el siguiente período, deseamos continuar nuestras investigaciones tratando de establecer un vínculo con el equipo de vulcanología del Laboratorio Mixto Internacional "Sismos y Volcanes en los Andes del Norte - SVAN".

El programa de investigación que proponemos está constituido por tres temas principales:

1) Cronología eruptiva de los edificios y estudio de los eventos eruptivos mayores.

Partiendo de los datos vulcanológicos de campo y los resultados analíticos (dataciones ^{14}C , ^{40}Ar - ^{39}Ar y ^{40}K - ^{40}Ar), se trata de reconstruir la cronología eruptiva lo más precisa posible de los volcanes de interés. Eso permitirá determinar la frecuencia y la magnitud de las erupciones así como los dinamismos eruptivos de las erupciones anteriores. Nuestros estudios tienen como objetivo comprender la historia eruptiva de los volcanes activos y determinar aquellos que representan la amenaza más importante para las poblaciones. Asociado a los estudios petrológicos y geofísicos, el objetivo consiste en obtener una visión global del comportamiento de los volcanes seleccionados, con fines predictivos.



Desde hace varios años, estos estudios nos permitieron conocer las principales etapas del desarrollo de los volcanes Misti, Ubinas y Ampato-Sabancaya. Actualmente trabajamos sobre la reconstrucción de la historia eruptiva de los volcanes Yucamane, Tutupaca, Sara Sara y del complejo volcánico Chachani.

Adicionalmente, nos estamos focalizando en el estudio detallado de algunas erupciones, que por su magnitud y/o por sus dinanismos merecen un tratamiento particular. Este es el caso de la erupción histórica del volcán Tutupaca, que se caracteriza por el colapso sectorial del flanco NE de dicho volcán (Doctorado P. Valderrama), o la última erupción explosiva del volcán Yucamane (Tesis de Ingeniería/Maestría J. Vela).

2) Procesos petrogenéticos de magmas emitidos por los volcanes.

Este tema consiste en cuantificar los procesos petrogenéticos que se producen en la corteza continental y en correlacionar la composición química de los magmas con el desarrollo estructural de los edificios. Esta temática está basada en un conocimiento profundo de la cronología eruptiva (Tema 1) que servirá para definir la evolución petrológica de los magmas en función del tiempo. Para esto, utilizamos análisis químicos de elementos mayores y trazas, así como la composición de isótopos radiogénicos (Sr-Nd-Pb) de las rocas y de los minerales. Durante los últimos años, nuestro grupo ha venido trabajando en la evolución petrológica de los volcanes Misti, Ubinas y Sabancaya. En la actualidad, trabajamos en la adquisición de datos cuantitativos para los volcanes Yucamane, Tutupaca, Chachani y Sara Sara.

Un segundo aspecto de estas investigaciones se refiere al estudio detallado de los productos de las erupciones excepcionales de los volcanes potencialmente activos del arco peruano. El estudio petrológico de productos eruptivos de estas erupciones permitirá definir las condiciones pre-eruptivas (Presión – Temperatura - X_{H_2O}) de los magmas, lo que nos conducirá a identificar marcadores petrológicos de las fases paroxismales peligrosas así como los procesos responsables del desencadenamiento de las erupciones. Este estudio en particular está enfocado a las erupciones post-glaciares del volcán Ubinas, así como a la última erupción explosiva del volcán Tutupaca (Maestría de N. Manrique).

3) Evaluación de los peligros volcánicos y seguimiento de las crisis eruptivas.

Sobre la base de la cronología eruptiva de los volcanes, se trata de establecer escenarios eruptivos y de cartografiar las zonas potencialmente afectadas por fenómenos volcánicos, utilizando los datos geológicos y los resultados del modelamiento numérico de los flujos de origen volcánico (flujos piroclásticos, lahares, avalanchas de escombros). Hasta la fecha se han publicado varios mapas de peligros volcánicos (Misti, Ubinas, Ampato-Sabancaya) haciendo uso de esta metodología. En la actualidad, estamos aplicando nuevos programas destinados a delimitar las zonas potencialmente afectadas por flujos piroclásticos (Volcflow) y flujos de escombros (Laharz, Titan2D). Durante los próximos años, vamos a trabajar sobre la evaluación de peligros de los volcanes estudiados (Tutupaca, Yucamane y Sara Sara) y establecer los mapas de peligros de estos volcanes.

El seguimiento de las crisis volcánicas que ocurren en el sur peruano representa también una tarea importante de nuestro programa. Durante los últimos años el INGEMMET en cooperación con el IRD trabajaron en el seguimiento científico de las erupciones del volcán Sabancaya (1987-1988, 2013-2016) y del Ubinas (2006-2009; 2013-2016) y la gestión de los riesgos asociados. Este tipo de trabajo debe continuar en la eventualidad de la reactivación de alguno de los volcanes activos del Sur del Perú.

Responsables científicos

INGEMMET: Dr. Marco RIVERA
IRD: Dr. Pablo SAMANIEGO



Personal adscrito al programa

POR EL INGEMMET:

MsC. Jersy MARIÑO
Ing. Patricio VALDERRAMA (Becario IRD)
Ing. Luisa MACEDO
MsC. Rigoberto AGUILAR
MsC. Nélide MANRIQUE (Becario IRD)
Ing. Jessica VELA

POR EL IRD:

Dr. Pablo SAMANIEGO (responsable IRD del LMV)
Dr. Jean Luc LE PENNEC (responsable IRD del LMV)
Prof. Jean-Claude THOURET
Prof. Benjamin VAN WYK DE VRIES
Dr. Olivier ROCHE
Dr. François NAURET
Dr. Etienne MEDARD



ANEXO III

INVESTIGACIÓN SOBRE DESLIZAMIENTOS ACTIVOS Y POTENCIALMENTE ACTIVOS EN EL PERÚ.

Introducción

La ciencia de los deslizamientos es una ciencia joven, que requiere avances sustanciales para contrarrestar más eficazmente este riesgo natural. Se estima por ejemplo a más de 80 000 el número de víctimas por deslizamientos en el mundo entre 2002 y 2010, de los cuales 48 000 de entre ellos, fueron ocasionadas por deslizamientos co-sísmicos. La interacción sismos-deslizamientos es por tanto un problema que tiene que tomarse en cuenta. En el Perú, los deslizamientos co-sísmicos son la causa de daños repetidos y muy importantes (Huaraz, 1941; Ancash, 1946, Huascarán, 1970). El evento sobresaliente más reciente es el del Nevado Huascarán (1970) acontecido luego del sismo de Ancash (Mw7.7), el cual fue responsable de más de 6 000 víctimas. Eventos de menor intensidad ocurrieron durante el sismo de Pisco (Mw7.9) que afectaron temporalmente numerosas vías de comunicación, dejando a comunidades andinas totalmente aisladas por el lapso de semanas.

Por otra parte, en la cordillera andina, el acoplamiento entre la actividad sísmica y la pluviometría tiene un papel importante en el desencadenamiento de deslizamientos. Esto se expresa por los importantes daños generados por sismos que ocurren durante o después de la temporada de lluvias, inclusive en casos de sismos de magnitud moderada (e.g. Maca, 1991 y 2013).

Todos estos daños muestran la importancia de un conocimiento cuantitativo de los mecanismos de deformación de los deslizamientos y de los factores que controlan su puesta en marcha, con la finalidad de establecer una cartografía precisa de las zonas potencialmente afectadas por la amenaza gravitacional.

Este programa de investigación, iniciado en 2011, contiene 2 temas centrales:

1) Estudio de los mecanismos de deformación de los deslizamientos: el sistema de deslizamientos Maca - Madrigal, el deslizamiento de Sihuas y otros.

El sistema de deslizamientos Maca - Lari, situados en el valle del Colca, son unos deslizamientos de evolución lenta que presentan una gran sensibilidad a los sismos, por ejemplo con una reactivación durante un sismo local de 1991, lo cual provocó la muerte de 14 personas en el poblado de Maca y la pérdida de casi media hectárea de cultivo en el poblado de Lari. Las primeras medidas hechas en este sitio permitieron definir su estructura y su cinemática, y mostraron la importancia de la pluviometría en su dinámica. El monitoreo en tiempo real que instalemos en Maca permite conseguir los primeros datos de la dinámica de un deslizamiento lento durante un sismo. Este sitio constituye un sitio piloto para el tema del estudio de la interacción sismo-deslizamiento. La gran actividad sísmica de la región permitirá en el futuro de estudiar con más detalles los efectos de los sismos sobre la mecánica de los deslizamientos lentos.

El deslizamiento de Madrigal, también localizado en el valle del Colca, es uno de los más activos en la zona. Estudios recientes muestran unas deformaciones de varios metros al año y los daños a terrenos de cultivo e infraestructura comunal (canales de regadío, carreteras, pozos de agua) es importante. Comparte las mismas características geológicas del deslizamiento de Lari y se desconoce el nivel de interacción entre los sismos y el deslizamiento.

El deslizamiento de Siguanas podría ser considerado uno de los deslizamientos más activos y peligrosos del Perú. Localizado también en la sísmica región de Arequipa, muestra una gran evolución y deformación en tan solo 5 años, a tal punto que hoy compromete la principal vía



de comunicación terrestre del Perú. Originado por factores antrópicos (infiltración de aguas de regadío) su estudio y monitoreo es de prioridad nacional.

El objetivo de este trabajo es de utilizar estos sitios para estudiar los mecanismos de deformación de los deslizamientos detonado por sismos, actividad antrópica, precipitaciones, etc. Esta prevista la trasferencia de los métodos desarrollados en el estudio de los deslizamientos de los Alpes para iniciar un seguimiento temporal geodésico y sismológico de estos sitios inestables, y analizar la respuesta de sitio a los sismos de distancias y magnitudes diversas.



2) Estudio de los factores de control del desencadenamiento de los deslizamientos por los sismos.

Nuestros trabajos en esta temática están destinados a estudiar la susceptibilidad de las laderas a los deslizamientos co-sísmicos, apoyándose en el análisis de inventarios de deslizamientos provocados por sismos. Nuestros primeros trabajos permitieron desarrollar un método de detección automática de los deslizamientos en las imágenes satelitales, que ha sido aplicado a la cartografía exhaustiva de los deslizamientos originados por el sismo de Pisco (2007, Mw8.0). Este inventario ha sido comparado con el inventario realizado en el sitio por el INGEMMET después del sismo. El análisis de este inventario, así como de otros (particularmente el de Ica, Mw6.3, 2012) debe en el futuro permitirnos cuantificar los factores (topografía, geomorfología, fuente sísmica) que controlan el desencadenamiento de los deslizamientos por los sismos. La zona estudiada en la costa central peruana presenta un desafío socioeconómico mayor ya que engloba la megalópolis de Lima (9 millones de habitantes). Otros inventarios de deslizamientos podrán realizarse en caso de la ocurrencia de sismos importantes en el Perú.



Responsables científicos

INGEMMET : MSc. Patricio VALDERRAMA
IRD: Dr. Pascal LACROIX

Personal adscrito al programa

POR EL INGEMMET

MSc. Edu TAÍPE
Ing. Rafael MIRANDA
Bach. Gael ARAUJO
Bach. Christian HUAREZ
Ing. Juan CASAS



POR EL IRD

Dr. Bertrand GUILLIER
Dr. Pascal LACROIX
Dr. Marc WATHELET
Dr. Swann ZERATHE
Dra. Laurence AUDIN
Ma. Noélie BONTEMPS
Dr. Eric LAROSE



ANEXO IV

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LOS ACUIFEROS KÁRSTICOS ANDINOS

Resumen:

Los Andes del Perú presentan numerosos afloramientos carbonatados altamente carstificados, sobre todo en la vertiente oriental amazónica, donde se encontraron resurgencias todavía no es conocido, a pesar de que estos acuíferos cársticos representan importantes recursos hídricos poco utilizados.

El objetivo de este programa de investigación es estudiar el ciclo hidrogeoquímico de algunas resurgencias del macizo andino para cuantificar los recursos hídricos disponibles, pero también estimar las tasas de erosión geoquímica de estas cuencas kársticas tropicales, en ambientes muy contrastados (vertiente Pacífico e Amazónico, gradiente altitudinal).

En un primer lugar, el proyecto se interesará en el estudio hidrológico (delimitación de cuenca, análisis de crónicas de caudal y precipitación) y la composición química (muestreo regular) de las aguas de los carsts del Alto Mayo (San Martín) bajo Cuenca del río Cañete, en un ambiente montañoso en la vertiente Pacífico.

Responsables científicos

INGEMMET: Ing. Lionel FIDEL SMOLL

IRD: Dr. Jean-Loup GUYOT

Personal adscrito al programa

POR EL INGEMMET:

Ing. Fabien RENO

MSc. Fluquer PEÑA LAUREANO

Ing. Elmer CONDORI QUISPE

POR EL IRD:

✓ UMR GET, Toulouse : Dr. Jean-Loup Guyot (IRD), William Santini y Pascal Fraizy (IRD, SO HYBAM), david Labat (UPS).

✓ UMR LOCEAN, Paris: Abdel Sifeddine (IRD, LMI PALEOTRACES), Liz Hidalgo (Doct. CONCYTEC, LMI PALEOTRACES).

OTROS :

✓ UMR HSM, Montpellier: Hervé Jourde (UM2, SO KARST). Christelle Batiot (UM2)

✓ UMR EMMAH, Avignon: Naomi Mazzilli (UAPV, SO KARST)

✓ IGP, Lima: James Apéstegui.



ANEXO V

PROGRAMA COPEDIM: PEDIMENTACIÓN Y COBRE SUPERGÉNICO

Este programa se refiere a la participación en un Laboratorio Mixto Internacional llamado COPEDIM, conducido por S. Carretier (IRD GET Toulouse, Francia) y R. Riquelme (UCN Antofagasta, Chile, e implica la participación de varias instituciones peruanas, chilenas y francesas. Este LMI se inició en junio de 2012 y termina en junio de 2016.

El LMI, se centra en los procesos que conducen conjuntamente a 1- Erosión de una cadena de montañas para formar grandes superficies ("pedimentos") y 2- El desarrollo en estas superficies de yacimientos de cobre de gran interés económico (cobre "supergeno exótico").

Estos procesos son poco conocidos. Una hipótesis clásica sostiene que la formación de un pedimento y de un yacimiento de cobre supergeno depende de condiciones climáticas y tectónicas particulares, especialmente el cese de la deformación y la aridez del clima para la formación de pedimentos. Sin embargo, se discuten las condiciones mismas de formación de grandes superficies de erosión, y se cuestionan los paradigmas vigentes.

Si pudiésemos comprender estas relaciones, podríamos ofrecer 1- una guía geomorfológica de exploración de yacimientos de cobre supergeno, 2- nuevos modelos de interpretación de los pedimentos en términos de historia de la tectónica y del clima global. Este programa implica entonces investigaciones fundamentales sobre los procesos y la historia geológica, e investigación aplicada para mejorar el conocimiento de la geología regional y los métodos de exploración.

COPEDIM está construido no sólo como una plataforma temática regional (Andes de Chile y Perú), sino también técnica (p. e., el laboratorio de Trazas de Fisión montado en la Universidad de Chile, el laboratorio de preparación de muestras de suelo montado en la Universidad Católica del Norte, el laboratorio 10Be y el laboratorio experimental de la erosión en el GET). Estas plataformas no son laboratorios de servicios, pero constituyen una base para los estudios regionales, que promueven el intercambio de investigadores y estudiantes entre estos países.

El programa previsto en el marco del convenio en vigor durante el plazo restante del proyecto se divide en dos partes:

1) La pedimentación en la historia geológica del Sur - Perú

Se tratará de mejorar el conocimiento de la geología del Sur - Perú, con especial énfasis en la adquisición de nuevos datos geológicos (terreno, datación), reconstruir las grandes fases de deformación y si es posible del clima del Cenozoico, relacionarlas con la historia de la cadena en el Norte - Chile, y reubicar la formación de pedimentos y de eventuales zonas de enriquecimiento supergeno de cobre en este marco.

Dentro del estudio Litogeoquímico de la Cuenca Tambo, la DGR, viene realizando los estudios sobre la evolución del relieve del valle de Tambo mediante el análisis sedimentológico, estratigráfico, estructural, geoquímico, petrológico y la obtención de muestras para el empleo de métodos de termocronología y geocronología. Estos trabajos se realizarán coordinadamente con los responsables del INGEMMET – COPEDIM – IRD.

2) Formación

Promover trabajos coordinados entre investigadores peruanos-franceses y chilenos, así como la formación del personal del INGEMMET sobre el análisis conjunto de la geomorfología y de los procesos de enriquecimiento supergeno. Esta formación se basará en los viajes y estancias entre Francia, Perú y Chile.



