



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura



Programa  
Internacional de  
Ciencias de la Tierra



Unión  
Internacional de  
Ciencias Geológicas



# Historias grabadas en piedra

40 años del  
Programa Internacional de Ciencias de la Tierra (PICG)





Rocas metamórficas del Paleozoico, Belle-Ile, Francia.  
© Aloé Schlagenhaut

Científicos discutiendo en el campo, Japón.  
© Aloé Schlagenhaut



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura



Programa  
Internacional de  
Ciencias de la Tierra



Unión  
Internacional de  
Ciencias Geológicas

# Historias grabadas en piedra

40 años del  
Programa Internacional de Ciencias de la Tierra (PICG)



Historias grabadas en piedra – 40 años del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra (PICG)  
Publicado en 2012 por la Sección de Observación Mundial de la Tierra  
de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura  
7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia  
© UNESCO 2012  
Todos los derechos reservados

ISBN 978-92-3-001042-3

Título original: *Tales Set in Stone - 40 Years of the International Geoscience Programme (IGCP)*  
Publicado en 2012 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia  
y la Cultura

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican, de la parte de la UNESCO, toma alguna de posición en cuanto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o regiones, ni respecto de sus autoridades, sus fronteras o límites. Las ideas y las opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la UNESCO.

Foto de portada: Lago ácido en el volcán activo del Monte Aso, Kyushu, Japón. © Aloé Schlagenhauf

Maquetado e impreso en los talleres de la UNESCO  
La imprenta está certificada por Imprim'Vert®,  
la iniciativa ambiental de la industria de la impresión de Francia.

Cita recomendada:

Derbyshire E., Director. 2012. Historias grabadas en piedra – 40 años del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra (PICG). UNESCO París, Francia.

Comité Editorial

Director: Edward Derbyshire

Directoras del proyecto: Sarah Gaines y Margarete Patzak

Con asistencia de: Jean-Paul Cadet, María Rosa Cardenas, Denise Gorfinkiel, María Cortés Puch y Aloé Schlagenhauf

Agradecimientos

Este informe no hubiese sido posible sin las generosas y variadas contribuciones de muchas personas y organizaciones de todo el mundo y la fructífera colaboración con la Unión Internacional de Ciencias Geológicas. Agradecemos a Edward Derbyshire, el Editor, y a Patrick Bradley, Ferran Climent, Gemma Gual, Robert Missotten, Joan Poch, Alberto Riccardi y Vivi Vajda sus revisiones, así como a todo el personal de UNESCO que contribuyó para hacer este libro. Se agradece a los directores y codirectores de proyectos del PICG por sus aportaciones, así como a los fotógrafos por haber permitido utilizar sus fotografías.

# Índice

Prefacios .....	4
Introducción .....	15
Breve historia del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra .....	16
Ejemplos escogidos de proyectos del PICG .....	25
<b>El cambio global y la evolución de la vida</b> .....	27
PICG 493 y 587: Ascenso y desaparición de la biota del Vendiano .....	28
PICG 521: El Corredor del Mar Negro – Mediterráneo durante los últimos 30.000 años: el cambio del nivel del mar y la adaptación humana .....	34
PICG 588: Cómo prepararse para los cambios costeros .....	43
<b>Los riesgos geológicos: mitigación de riesgos</b> .....	49
PICG 454: Geología médica: un nuevo instrumento de salud pública .....	50
PICG 490: El papel de las catástrofes ambientales del Holoceno en la historia de la humanidad .....	56
PICG 511: Los movimientos en masa submarinos y sus consecuencias .....	62
PICG 567: Terremotos de la Antigüedad .....	67
<b>Hidrogeología: las geociencias del ciclo del agua</b> .....	75
PICG 415: El proyecto GRAND – Glaciación y reorganización de la red de drenaje de Asia .....	76
PICG 299, 379, 448, 513, 598: Actividades mundiales encaminadas a comprender la naturaleza de los sistemas kársticos: más de dos decenios con el PICG .....	80
<b>Los recursos de la tierra: la sustentación de nuestra sociedad</b> .....	89
PICG 357: Yacimientos de materias orgánicas y de minerales .....	90
PICG 470: El cinturón neoproterozoico panafricano del África central .....	94
PICG 473: Estudio con ayuda de SIG de la metalogenia de Asia Central .....	98
PICG 502: Comparación mundial de distritos de sulfuros masivos volcánicos (SMV) .....	104
<b>Las profundidades de la tierra: cómo rigen nuestro medio ambiente</b> .....	111
PICG 433: La tectónica de placas del Caribe y PICG 546: Las zonas de subducción del Caribe .....	112
<b>Científicos jóvenes</b> .....	119
PICG 586Y: Procesos geodinámicos en los Andes, 32° a 34°S – Interacción entre los procesos a corto y a largo plazo .....	120
<b>Anexo</b> .....	127
Índice científico de proyectos del PICG .....	128
Lista de proyectos del PICG – 1974 a 2011 .....	130

# Prefacios

Irina Bokova

Directora General de la UNESCO



© UNESCO/Michel Ravassard

Tenemos que comprender mejor la Tierra. Es esencial para la diversidad de la vida y el futuro de la sociedad humana. Las ciencias de la Tierra encierran respuestas fundamentales a los retos que debemos superar para preservar nuestro medio ambiente y desarrollar la sostenibilidad. En esta época de cambio ambiental global, el Programa Internacional de Ciencias de la Tierra de la UNESCO tiene más importancia que nunca.

La historia de la Tierra, que se remonta a hace 4.600 millones de años, abunda en variaciones climáticas drásticas, que han quedado registradas en las rocas, los sedimentos, el hielo y los paisajes. A veces el cambio ha sido menor, pero también catastrófico. Debemos aprehender esa experiencia para captar cómo ha evolucionado el clima de la Tierra y cómo ha fluctuado la diversidad biológica. Tenemos que comprender mejor las extinciones masivas del pasado y la diversificación y el cambio morfológico que han tenido lugar en los organismos. Si hoy desentrañamos el pasado, miraremos hacia el futuro con una mejor anticipación.

Lo sucedido en la cultura humana está inextricablemente ligado a la geología, como ponen de manifiesto los nombres con que formulamos nuestro pasado: la Edad de Piedra, la Edad de Hierro y la Edad de Bronce. Como dicen algunos, hoy vivimos en la Edad del Silicio y debemos reconocer plenamente el papel de las ciencias de la Tierra para favorecer la instauración de sociedades “más verdes” en el siglo que empieza, de la tecnología verde y de la innovación.

Durante 40 años, la UNESCO ha trabajado con la *Unión Internacional de Ciencias Geológicas* para movilizar la cooperación mundial en las ciencias de la Tierra a través del *Programa Internacional de Ciencias de la Tierra*, que ha proporcionado a científicos de todo el mundo una plataforma gracias a la cual han podido desplazar las fronteras del saber mediante proyectos concretos.

En sus primeros años, el Programa aumentó los intercambios científicos mediante la correlación de los estratos geológicos y los datos de las investigaciones, centrándose en la investigación básica de las ciencias de la Tierra y en establecer conexiones entre sucesos de toda la historia de nuestro planeta. Su eje de interés ha ido evolucionando. En 2011, el Programa prestó apoyo a la labor llevada a cabo en torno a cinco temas: el cambio global, los riesgos geológicos, la hidrogeología, los recursos de la Tierra y las profundidades de la Tierra. Gracias a esa evolución, el Programa siempre ha tendido puentes entre disciplinas y entre los científicos, incluyendo a los jóvenes, con objeto de estimular la investigación de vanguardia y de que se comparta el conocimiento científico en beneficio de todos. La UNESCO es la única organización de las Naciones Unidas que tiene por mandato apoyar la investigación, y la capacitación en geología y geofísica. A este respecto, el *Programa Internacional de Ciencias de la Tierra* es nuestro programa emblemático.

Con motivo de este 40º aniversario, felicito a la comunidad científica por su empeño y a la *Unión Internacional de Ciencias Geológicas* por su colaboración. Este modelo singular de colaboración mundial es vital para poner el poder de la ciencia al servicio de la colaboración internacional y el desarrollo sostenible. Las piedras tienen, ciertamente, muchas historias maravillosas que narrar, lo mismo sobre nuestro pasado que acerca de nuestro futuro. El *Programa Internacional de Ciencias de la Tierra* nos ayuda a captar esta sabiduría y a entenderla mejor.



Alberto C. Riccardi  
Presidente de la Unión  
Internacional de Ciencias  
Geológicas, Facultad de Ciencias  
Naturales y Museo, Universidad  
Nacional de La Plata, Argentina



Celebro la aparición de este volumen que conmemora el 40° aniversario del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra (PICG), una empresa única de cooperación de excelencia entre la UNESCO y la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS).

Desde sus inicios en 1972, el PICG ha sido un programa de investigación concebido para alcanzar un progreso homogéneo mundial de las ciencias de la Tierra, a fin de acrecentar la prosperidad de los países y la calidad de la vida humana. Más de 300 proyectos en unos 150 países en los que han participado o participan miles de científicos de la Tierra y una corriente ininterrumpida de resultados publicados atestiguan la calidad científica y aplicada de este programa.

La supervisión científica de gran calidad, encaminada a obtener la máxima eficiencia, ha enriquecido todas estas iniciativas gracias a una mejor coordinación de los esfuerzos desplegados en los enfoques interdisciplinarios, la cooperación internacional, la toma de decisiones en los ámbitos nacional e internacional, basada en pruebas empíricas, y el intercambio del conocimiento científico.

Ahora bien, el éxito del programa no se ha debido solo a los proyectos llevados a cabo en estos años; también es fruto de la flexibilidad de un programa que se podía adaptar a las circunstancias y necesidades cambiantes de la sociedad humana. Así pues, el PICG cambió con el paso del tiempo y se convirtió en un programa en el que se presta especial atención a proyectos relativos a las necesidades sociales, como son, la seguridad del medio ambiente, las relaciones entre los factores geológicos naturales y los problemas de salud, la diversidad biológica, el cambio climático, la protección frente a los riesgos geológicos y su mitigación, y los recursos hídricos.

Además, el PICG se está convirtiendo en un foro para el análisis de otras cuestiones de las ciencias de la Tierra que son importantes para la sociedad, como la creación de centros internacionales de investigación, el fomento de la

educación en disciplinas que se ocupan de la Tierra en los países y regiones en desarrollo, y la concepción y puesta en práctica de iniciativas en el terreno de los Geoparques y el patrimonio geológico, todo lo cual queda abarcado por el subtítulo del PICG, “Las ciencias de la Tierra al servicio de la sociedad”.

La UICG hace todo lo posible por complementar la acción del PICG mediante la labor de varias comisiones y de grupos de trabajo en campos específicos, por ejemplo, la normativa en las ciencias de la Tierra, la gestión y la aplicación de la información obtenida de las geociencias, la educación y la capacitación en geología que fomentan la transferencia de tecnología y la aplicación de las ciencias de la Tierra en la gestión ambiental. La finalidad última es contribuir al principal, y acaso singular, componente del PICG — su carácter cooperativo —, que trasciende las fronteras naturales, políticas, económicas y de conocimientos. De ese modo, los proyectos del PICG son internacionales en el sentido más amplio de esta palabra. Facilitan la cooperación y el entendimiento entre geocientíficos de diferentes edades, países, regiones, culturas, y formaciones.

Es evidente que los proyectos del PICG son fundamentales para la difusión de la educación en ciencias de la Tierra y la capacitación en el ámbito de esas ciencias, y hacen posible una enorme transferencia de conocimientos más allá de las muchas fronteras mencionadas que aún existen. Así pues, el PICG contribuye a colmar las lagunas de que adolecen la educación en ciencias de la Tierra, su gestión y su aplicación en todo el mundo. No cabe duda de que la educación y la información son básicas para el desarrollo social, político y económico, ni de que tienen una importancia fundamental en la construcción de una sociedad más segura, más sana y más próspera.



Vivi Vajda  
Presidenta del PICG, Department  
of Earth and Ecosystem Sciences,  
Lund University, Sweden



El PICG: una plataforma mundial  
única para la investigación  
y la educación en ciencias  
de la Tierra



A la luz del 40º aniversario del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra (PICG), quiero aprovechar la oportunidad para exponer un panorama de la labor realizada por el Consejo Científico en los años de mi presidencia del PICG, de 2009 a 2012, a lo que añadiré algunas perspectivas futuras. Antes, sin embargo, permítanme exponer brevemente su historia.

El PICG proporciona a varios miles de científicos de unos 150 países una plataforma multidisciplinaria para intercambiar conocimientos y metodologías sobre los problemas de importancia mundial relacionados con las

ciencias de la Tierra. El Programa promueve proyectos realizados en colaboración, poniendo el acento en los beneficios que aportan a la sociedad, la capacitación y el progreso, y el intercambio de conocimientos entre los países desarrollados y los países en desarrollo. El PICG se centra primordialmente en las ciencias de la Tierra aplicadas, comprendida la mitigación de los riesgos geológicos. Se hace hincapié en los proyectos relativos a problemas ambientales, la geología médica y la extracción de los recursos minerales y de aguas freáticas. La investigación del clima es un tema prioritario, ya que el cambio climático es un problema mundial que solo se puede abordar mediante la cooperación internacional. Es un hecho ampliamente reconocido que el aumento de la temperatura que se produjo en el siglo pasado y la amplitud del futuro calentamiento del planeta son temas constantes de debate, ya que carecemos de un conocimiento completo de la complejidad y las funciones del sistema climático de la Tierra. La elaboración de modelos del clima es una herramienta esencial para comprender los procesos climatológicos, pero solo puede tener éxito si se integra con la comprensión de los organismos vivos y de su diversidad en una escala de tiempo geológica, gracias a la información que proporcionan las plantas y los animales fósiles sobre la evolución y los ecosistemas a lo largo del tiempo.

Los objetivos del PICG se alcanzan mediante los proyectos concretos. La fortaleza del PICG estriba en que los orígenes de sus proyectos están enraizados en el territorio, en su duración limitada (cinco años), en su evaluación sistemática y rigurosa por especialistas, y en la capacidad del PICG para darles legitimidad. Esa legitimidad permite a los proyectos atraer un apoyo internacional adicional generalizado y adecuadamente financiado. La cantidad de proyectos activos depende de las prioridades en cada momento de la UNESCO y la UICG, de la disponibilidad de fondos facilitados por la

UNESCO, la UICG y algunos colaboradores externos, del éxito y el desarrollo de los proyectos en curso, y de la calidad y la valía de las propuestas que se vayan presentando. El éxito del Programa y de los distintos proyectos es fruto de la dedicación de los directores de proyecto y del entusiasmo, el apoyo y la participación de los geocientíficos de todo el mundo. Los proyectos se basan a menudo en actividades ya en curso con los países participantes y atraen más fondos de organismo oficiales y privados.

El Consejo Científico se encarga de evaluar las propuestas de proyectos, de la evaluación anual de la calidad de los proyectos en curso de ejecución, y de los proyectos en el último año de su realización. Se designa a un Presidente y a cinco directores de tema para que lleven a cabo el examen anual de las propuestas de proyectos y los informes de éstos. En el tiempo que fui Presidenta, tuve el gran placer de trabajar con un grupo de notables científicos que asumieron la función de directores de tema. Nos reunimos una vez al año en París en la Sede de la UNESCO, para decidir las clasificaciones definitivas. Cada tema tiene los correspondientes miembros adicionales del Consejo (unos diez por tema, todos ellos científicos altamente cualificados) que prestan asistencia a su respectivo director de tema.

Los proyectos del PICG activos en 2011 se centran en cuestiones geológicas fundamentales para las personas de hoy y se dividen conforme a los cinco temas siguientes:

**El cambio global y la evolución de la vida**

**Los riesgos geológicos: mitigación de riesgos**

**La hidrogeología: Las geociencias del ciclo del agua**

**Los recursos de la Tierra: La sustentación de nuestra sociedad**

**Las profundidades de la Tierra: Cómo rigen nuestro medio ambiente**



Así pues, el PICG tiene una infraestructura de revisión por pares constituida por unos 50 especialistas que se encargan de los exámenes técnicos. Esos miembros del Consejo representan disciplinas específicas de las ciencias de la Tierra y en conjunto reflejan una distribución geográfica mundial. Además, la orientación profesional que imparte la Secretaría de la UNESCO —que se encarga de la gestión general del PICG, ocupándose de la administración y gestión financiera de los proyectos, de la preparación de las reuniones anuales, del sitio web y de las actividades de divulgación del PICG— es inestimable.

Si examinamos la historia del PICG, veremos que la cantidad de propuestas de proyectos presentadas al Consejo Científico ha aumentado a lo largo de los años, lo cual demuestra que la comunidad científica tiene en alta estima al PICG. Actualmente, hay unos 40 proyectos del PICG en curso; en cada proyecto, que dura de cuatro a cinco años, intervienen unos 200 participantes de todo el mundo. Los proyectos abarcan un amplio abanico de temas, desde la formación de la Tierra inicial o el estudio de su biota en los ecosistemas marinos y terrestres del Paleozoico (desde hace 540 a 250 millones de años) y del Mesozoico (desde hace 250 a 65 millones de años), a los cambios climáticos y las extinciones. Hay proyectos en los que se investiga las profundidades de la Tierra, los procesos atinentes a la tectónica de placas y la génesis de los minerales. Otros se centran en los riesgos naturales y el estudio de los procesos volcánicos, los terremotos y la mitigación de sus consecuencias. La hidrología es asimismo otro tema importante; los sistemas kársticos son unos de los

Si examinamos la historia del PICG, veremos que la cantidad de propuestas de proyectos presentadas al Consejo Científico ha aumentado a lo largo de los años, lo cual demuestra que la comunidad científica tiene en alta estima al PICG.



acuíferos más importantes de la Tierra, que abastecen de agua potable a la población de la Tierra. Otros importantes proyectos relativos a los recursos naturales tratan de hidrocarburos y minerales, su extracción y sostenibilidad gracias a la mitigación de las consecuencias de las actividades mineras en el medio ambiente.

Los proyectos activos tienen, sin excepción, gran éxito y no solo han servido de nexo entre científicos de todo el planeta, sino que además han generado miles de artículos científicos validados por especialistas, una gran cantidad

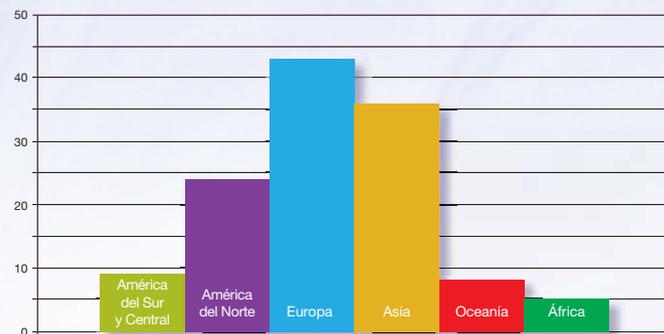
de publicaciones sobre ciencia de amplia difusión y documentales para televisión y otros medios. Han producido mapas impresionantes, bancos de datos y materiales escolares. A mi juicio, esos proyectos han originado cantidades enormes de importantes datos, han facilitado la transferencia de conocimientos a la sociedad y han sido compartidos entre equipos de investigación del modo más económico, habida cuenta de su costo.

Con todo, es importante no dormirse en los laureles y no limitarse a mantener el *status quo*; antes bien, debemos mejorar y afinar la gestión y la eficiencia del Programa. Esta actitud es válida lo mismo respecto del aprendizaje individual, que de la gestión de grandes empresas o programas científicos como el PICG. El gran problema de los tres días que duran las reuniones del Consejo del PICG en París es la falta de tiempo, en opinión de los directores de tema, que consideran precioso cada minuto en el que están reunidos y hacen lo posible por emplearlo eficientemente. Desde nuestra primera reunión decidimos reservar unas cuantas horas

(una vez realizadas las evaluaciones, las clasificaciones y las reuniones abiertas) para reflexionar e intercambiar ideas sobre los problemas detectados, con la finalidad de encontrar soluciones creativas en beneficio del PICG. Nos basamos en las prioridades que en la *Estrategia a Plazo Medio para 2008-2013* de la UNESCO se expresan con estas palabras: “Durante el período que abarca la Estrategia a Plazo Medio, la UNESCO dará prioridad a África y a la igualdad entre hombres y mujeres en todos sus ámbitos de competencia”.

Una cuestión importantísima que año tras año han planteado los directores de proyecto, principalmente de países de África y el Oriente Medio, ha sido el bajo índice de aceptación de proyectos de dichas regiones. Investigamos la historia de las propuestas y constatamos que, efectivamente, la participación de África en el PICG de la UNESCO y la UICG desde su inicio en 1972 ha sido muy marginal, si consideramos tanto la cantidad de proyectos consagrados al continente (solo el 7%), como de directores de proyecto del continente (el 5%). También hallamos que a veces las solicitudes que presentaron adolecían de insuficiencias en lo relativo a la infraestructura de los proyectos propuestos, aunque la idea científica central era interesante y merecedora de ser desarrollada. Ahora bien, en lugar de aconsejar repetidamente a los directores de proyecto que mejorasen la propuesta y la presentaran el año siguiente, detectamos un punto esencial que estaba fallando en el sistema. Se determinó que la escasa participación de miembros de determinadas regiones geográficas dentro de los grupos de directores de proyecto era el punto del sistema cuya solución había que acometer, una estadística a la que se podía dar la vuelta y utilizar como instrumento muy eficiente en un nuevo sistema de asesoramiento. También se señaló que, si bien la participación de mujeres en los proyectos es relativamente elevada habida cuenta de que se trata de un programa de ciencias naturales, su participación en los grupos de directores de proyecto es deplorablemente

escasa y no corresponde ni a la política de la UNESCO ni a las expectativas de una sociedad científica moderna.



Distribución geográfica de los directores de proyectos recientes del PICG

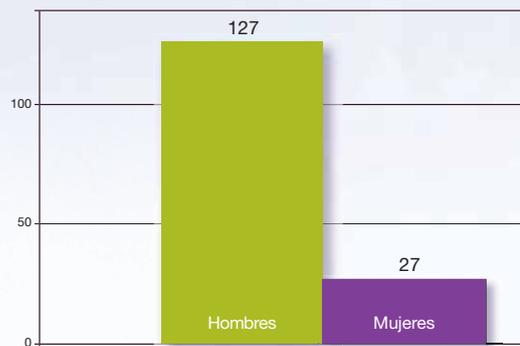
Decidimos utilizar los fondos específicos para prestar apoyo a científicos de determinados países en desarrollo. Se decidió que esos fondos se podían emplear para integrar a directores de proyecto de países en desarrollo en, por lo menos, seis proyectos excelentes con el fin de que participaran en todo el proceso de tramitación y examen de las propuestas, en la presentación de informes anuales, la organización de talleres, la participación en reuniones institucionales, etc. Además, cabía seleccionar varias propuestas de proyectos que, a pesar de sus deficiencias, contenían ideas científicas prometedoras y designar a líderes científicos experimentados que les asesorasen. Es importante recalcar que la única manera de que esas regiones infrarrepresentadas puedan adquirir conocimientos y experiencia suficientes para presentar en el futuro propuestas de elevada calidad y gestionar grandes proyectos, como son los del PICG, es participar en el grupo que adopta las decisiones, aprender el proceso de tramitación y examen de las solicitudes, otras tareas administrativas relacionadas con la dirección de los proyectos, acoger conferencias y editar sus actas y volúmenes. Como no se puede dejar de lado el proceso

normal de evaluación de las propuestas, hacen falta fondos extrapresupuestarios destinados a fines específicos para sostener estas medidas de carácter excepcional.

Una vez formulada esta innovadora idea, teníamos que encontrar organismos de financiación que la apoyaran. En 2009 se contactó con la Comisión Nacional Sueca de cooperación con la UNESCO y con el Organismo Sueco de Cooperación para el Desarrollo Internacional (OSDI), y se les expuso cómo una de las maneras más económicas y beneficiosa de transferir conocimientos de alto nivel era invertir en el PICG, puesto que: ya existe una infraestructura, de la que forman parte varias redes de científicos internacionales con experiencia en gestión de proyectos del PICG. Hay un consejo científico experimentado que lleva a cabo la evaluación de los proyectos y analiza el progreso anual de los proyectos en curso a partir de los informes anuales, y existe un aparato administrativo profesional dentro de la UNESCO, que se encarga de tramitar las propuestas y trabaja con un sistema de gestión organizado.

Se presentó la solicitud al OSDI, que, para gran satisfacción nuestra, la aceptó y concedió una financiación extrapresupuestaria de 100.000 dólares estadounidenses en cuatro años. En 2011, se asignaron los fondos correspondientes a seis proyectos nuevos, cuyos resultados aguardamos con enorme interés. Otras partes de los fondos se asignaron a oficinas fuera de la Sede de la UNESCO, principalmente a la oficina de Nairobi para actuar con las comunidades científicas locales formando a científicos jóvenes y a mujeres, especialmente en las competencias necesarias para preparar propuestas científicas. En julio de 2011 se celebró en Nairobi un primer “Taller sobre desarrollo de competencias para preparar propuestas de proyectos”, que dirigieron Sadrack Felix Toteu, Especialista de Programa de Ciencias de la Tierra en Nairobi y ex director de proyecto

del PICG, y uno de los directores de tema, Dilek Yildirim. De ese taller se desprendió el importante mensaje de que los científicos africanos tienen un enorme deseo de romper su aislamiento y pasar de los proyectos de investigación personales y locales a los de escala regional e internacional.



Distribución por género de los directores de proyecto

El PICG es la única red del mundo de cooperación internacional en las ciencias geológicas. La mayor demanda de recursos, por ejemplo, de aguas freáticas, raros elementos de la Tierra y metales pesados, ha demostrado que la ciencia debe actuar de manera ecológica para mitigar los efectos de la prospección y la extracción de esos recursos. Nuestros programas científicos han apoyado concretamente a otros que tienen esos objetivos, especialmente en África y en los países en desarrollo, una política que seguirá teniendo las mismas prioridades. También es cada vez más necesario el conocimiento global de las ciencias de la Tierra para estudiar el cambio climático, la mayor amenaza que ha afrontado jamás la humanidad; estudiando las condiciones climáticas del pasado podemos proporcionar a las personas encargadas de adoptar decisiones importantes herramientas con las que mitigar el impacto del calentamiento del planeta. La actividad científica que se desarrolla en los proyectos del PICG genera una enorme cantidad de datos de investigación

que dan lugar a miles de publicaciones científicas, mapas y bancos de datos y, por último, pero no menos importante, la difusión a la sociedad por medio de publicaciones científicas de gran tirada y documentales emitidos por televisión. No obstante, todo esto se ha conseguido con recursos muy limitados. Un mayor apoyo al PICG constituirá una base para un mejor equilibrio entre la sociedad humana y nuestro planeta, pues no hay que olvidar que nuestro conocimiento del sistema terráqueo es nuestra póliza de seguros para el futuro del planeta Tierra.



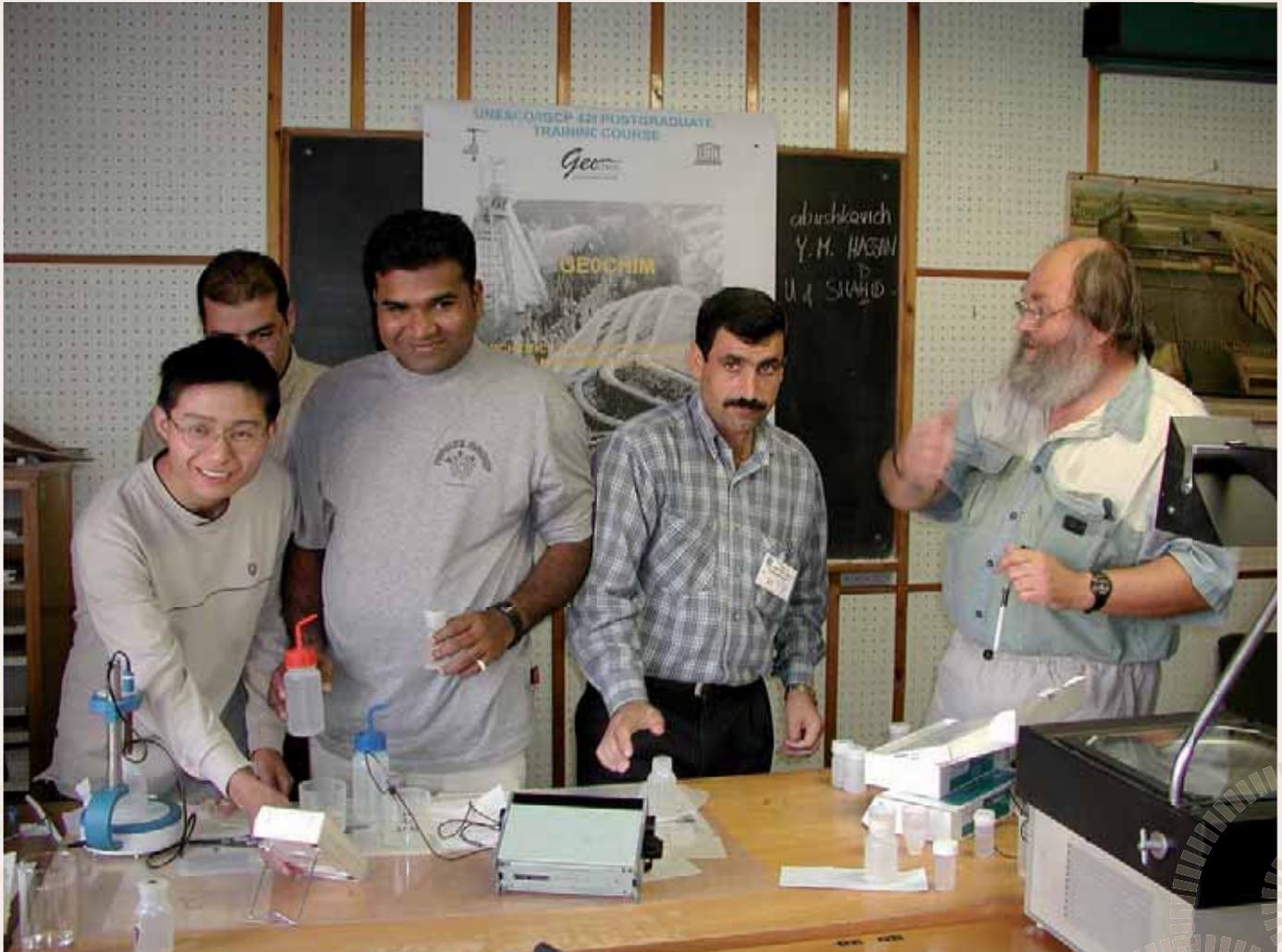


# Introducción



# Breve historia del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra

*Edward Derbyshire  
Presidente del PICG, 1996-2001*



Proyecto 429 del PICG: Curso de formación de postgrado durante la GEOCHEM 2000, República Checa. © Jan Pašava

# Prehistoria y nacimiento del PICG

El Programa Internacional de Ciencias de la Tierra (PICG) celebra su 40º aniversario en 2012, pero sus raíces se remontan a unos ocho años antes de la fecha que conmemoramos. En 1964, un joven geólogo australiano, H.J. Harrington, tomó por sí solo la iniciativa de escribir una persuasiva carta a 50 importantes geocientíficos internacionales en la que les propuso establecer un “Proyecto Gondwana internacional”, que facilitara y pusiera a prueba las correlaciones geológicas entre los continentes meridionales. Durante el periodo de la historia de la Tierra desde hace aproximadamente 510 hasta 180 millones de años, Gondwana fue el más meridional de dos supercontinentes. Gondwana es un tema fascinante para estudios geocientíficos porque aquel supercontinente comprendía la mayor parte de las masas terrestres del hemisferio Sur, es decir, la Antártida, América del Sur, África, Madagascar y el continente australiano, así como la Península Arábiga y el subcontinente indio, que en la actualidad se han desplazado enteramente al hemisferio Norte.

A pesar de que habían aconsejado a Harrington que evitase la palabra “Gondwana” y cualquier mención a la deriva de los continentes, su propuesta atrajo mucha atención y, de hecho, suscitó una fuerte presión para que se ampliara e incluyese a los países del hemisferio Norte. En 1965 se creó un comité de jóvenes pero reputados geólogos australianos, tras la institución oficial de la UICG en 1961. Los primeros dirigentes de esa nueva unión geológica demostraron ser innovadores, perspicaces y esperanzados. De hecho, la denominación de ‘Programa Internacional de Correlación Geológica’ se debió a la UICG, al advertir ésta la necesidad evidente de ayudar a la interacción y el intercambio de ideas entre la Europa de aquel entonces dividida entre sus partes oriental y occidental, además de hacer realidad las ambiciones mundiales recogidas

en la iniciativa australiana. Se redactó una propuesta oficial de creación del PICG con miras a su aprobación en el Congreso Geológico Internacional de Praga, ex-Checoslovaquia, en 1968, pero los sucesos políticos de la ‘Primavera de Praga’ desbarataron aquel Congreso y el proceso oficial tuvo que interrumpirse hasta una reunión en Budapest, Hungría, en la que un grupo internacional puso en marcha el Programa, a condición únicamente de obtener la aprobación y el apoyo de la UNESCO. Aquella joven organización inició unos cuantos proyectos que obtuvieron buenos resultados, pero hasta 1972 la UNESCO no accedió a intervenir oficialmente.

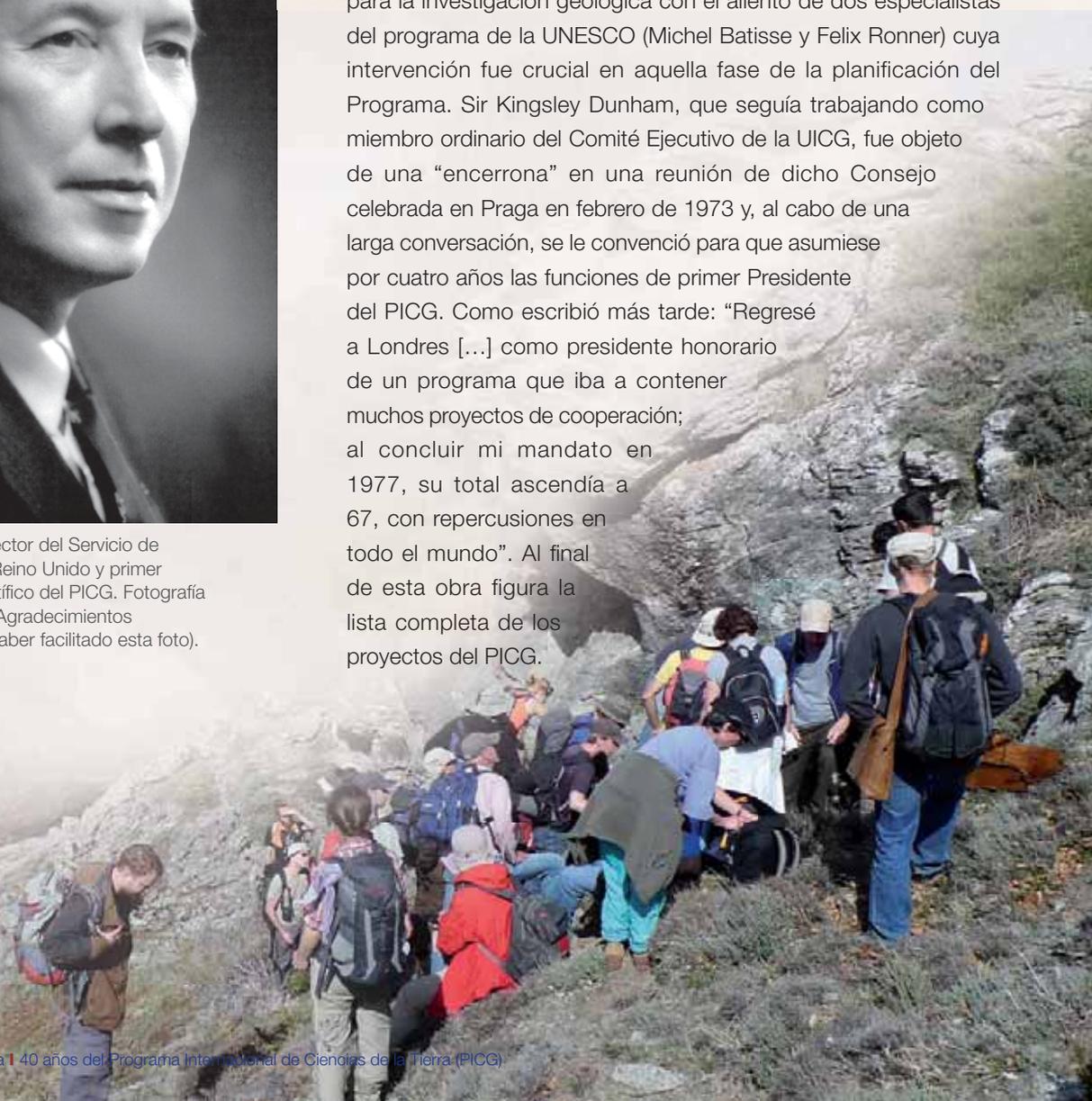
Durante varios años, los órganos rectores de la UNESCO examinaron y debatieron el PICG, entre otras ocasiones, en análisis efectuados por la Conferencia General repetidas veces. De conformidad con la Resolución 2.321 de la Conferencia General, que ésta aprobó en su 16ª reunión en 1970, se organizó en la Sede la UNESCO, del 17 al 28 de octubre de 1971, una Conferencia Intergubernamental de Expertos para preparar un Programa Internacional de Correlación Geológica, en la que estuvieron representados por expertos 52 Estados Miembros, un Miembro Asociado y 11 ONG internacionales, y en la que se definieron los objetivos y el contenido de un Programa oficial. Los estatutos del PICG fueron aprobados oficialmente con carácter definitivo por la Conferencia General de la UNESCO en su 17ª reunión, celebrada en París en 1972 (documento 17 C/66), que es ahora la fecha oficial de nacimiento del PICG. El Programa se dio a conocer en 1972 en el 24º Congreso Geológico Internacional en Montreal. La gestación del PICG duró, pues, por lo menos ocho años.





Sir Kingsley Dunham, ex Director del Servicio de Prospección Geológica del Reino Unido y primer Presidente del Consejo Científico del PICG. Fotografía cedida por Helen Dunham. (Agradecimientos especiales a Joe Cann por haber facilitado esta foto).

La creación y la orientación general del novedoso programa internacional de geología coincidieron con el último año de Presidente de la UICG de Sir Kingsley Dunham (entonces Director del Servicio de Prospección Geológica del Reino Unido). El tema principal de la reunión de Londres del Comité Ejecutivo de la UICG en 1972 fue establecer el PICG como importante marco internacional para la investigación geológica con el aliento de dos especialistas del programa de la UNESCO (Michel Batisse y Felix Ronner) cuya intervención fue crucial en aquella fase de la planificación del Programa. Sir Kingsley Dunham, que seguía trabajando como miembro ordinario del Comité Ejecutivo de la UICG, fue objeto de una “encerrona” en una reunión de dicho Consejo celebrada en Praga en febrero de 1973 y, al cabo de una larga conversación, se le convenció para que asumiese por cuatro años las funciones de primer Presidente del PICG. Como escribió más tarde: “Regresé a Londres [...] como presidente honorario de un programa que iba a contener muchos proyectos de cooperación; al concluir mi mandato en 1977, su total ascendía a 67, con repercusiones en todo el mundo”. Al final de esta obra figura la lista completa de los proyectos del PICG.



# Los años de transformación y crecimiento

El desarrollo y el crecimiento del PICG como empresa conjunta de la UICG y la UNESCO fueron claramente positivos tras la aprobación inicial de varios proyectos en el curso académico 1973-1974. La base administrativa del PICG en la Sede de la UNESCO en París estaba bien situada para que investigadores de ambos lados de la “Cortina de hierro” buscaran apoyo que les permitiera hacer progresar el conocimiento de la geología de la Europa continental y, en particular, abordar el interesantísimo tema de la correlación estratigráfica transnacional, motivo por el cual el nuevo programa recibió el nombre de “Correlación Geológica”.

Con los cambios que acabaron por producirse en la historia política europea el decenio siguiente, el PICG empezó a ampliar su ámbito y pasó de ser continental a ser mundial. De ese modo, a principios del decenio de 1990, el Programa estaba asentado sobre bases firmes gracias en gran medida a la novedosa combinación de propuestas provenientes de “abajo”, su control de calidad ejercido por especialistas y la capacidad de sus entregados directores y codirectores para allegar fondos, en gran medida de fuentes nacionales, que con frecuencia eran varias veces mayores que la ‘financiación inicial’ aportada conjuntamente por la UICG y la UNESCO. Con aquel aumento de su diversidad y su escala, el PICG se preocupaba cada vez más por obtener la participación de geocientíficos, especialmente de los más jóvenes y menos privilegiados, de países en desarrollo. Su crecimiento ininterrumpido durante aquellos 20 años está bien documentado en varias publicaciones, pero la narración publicada en 1992 por B.J. Skinner acaso sea la más sucinta y de fácil acceso.

# Consolidación, aplicación y diversificación

Desde sus comienzos, la evaluación por el Consejo Científico del PICG de las propuestas de proyectos y los informes anuales fue gestionada por cuatro Grupos de Trabajo que se ocupaban de los principales componentes especializados reconocidos en aquel entonces:

- Grupo de Trabajo 1** – Estratigrafía, Paleontología, Sedimentología, Combustibles fósiles
- Grupo de Trabajo 2** – Cuaternario, Geociencias ambientales de la ingeniería
- Grupo de Trabajo 3** – Yacimientos minerales, Petrología, Vulcanología, Geoquímica
- Grupo de Trabajo 4** – Geofísica, Tectónica, Geología estructural

Esa estructura le fue muy útil para el Programa. Luego se añadió un quinto Grupo de Trabajo, el de Hidrogeología, que hizo su primera aparición en el Consejo Científico del PICG en febrero de 2004, constituyendo de ese modo la primera decisión interdisciplinaria oficial dentro del PICG desde su fundación.

A continuación hubo una serie de hechos que, al principio con lentitud, modificaron gradualmente los fines, el contenido y el modo de funcionamiento del Programa.

En 1997, la UNESCO encargó un examen independiente del PICG; en el correspondiente informe se expusieron las características esenciales del PICG y se recomendó perseguir más decididamente los valores fundamentales de la UNESCO alentando **más proyectos de geología aplicada de clara importancia social**; la aceptación de esa recomendación





El primer Consejo Científico del PICG, París, 1973. Sus miembros, de izquierda a derecha, son R. Said (Egipto), F. Kabbanni (Arabia Saudita), J. Marçais (Francia), C. Nishiwaki (Japón), M. Oyawoye (Nigeria), D. McLaren (Canadá), R. Chowhury (India: Vicepresidente), K. Dunham (Reino Unido: Presidente), G. Salas (México: Vicepresidente), H. Erban (Alemania), J. Reinemunde (Estados Unidos), J. Bigarella (Brasil), J. Petráněk (ex Checoslovaquia) y M. Glaessner (Estados Unidos). V. Menner (ex URSS) no asistió.

© Fotografía cedida por Helen Dunham. Gracias asimismo a ella por habernos permitido consultar las memorias inéditas de Sir Kingsley Dunham, de las que hemos tomado la información para la sección 'PICG: Prehistoria y nacimiento'. Agradecimientos especiales a Joe Cann por haber facilitado esta foto.

dio lugar al actual subtítulo del PICG, “Las ciencias de la Tierra al servicio de la sociedad”. La reacción ante aquel cambio substancial puede verse claramente comparando los proyectos de sus principales grupos entre 1995 y 2001. La lista completa de los proyectos del PICG se encuentra al final de este libro.

El examen de 1997 reforzó la prioridad concedida por la UNESCO a la Educación en los programas del Sector de Ciencias Naturales y Exactas. Al respecto, el PICG llevaba claramente la delantera: sus proyectos estaban haciendo que se intercambiaban efectivamente conocimientos especializados, experiencia e información entre geólogos de todo el mundo, muchos de los cuales hacían una contribución muy considerable a la capacitación en los países menos adelantados. Aun así, esa importante tendencia siguió incrementando, proporcionalmente, incluso después de 1998.

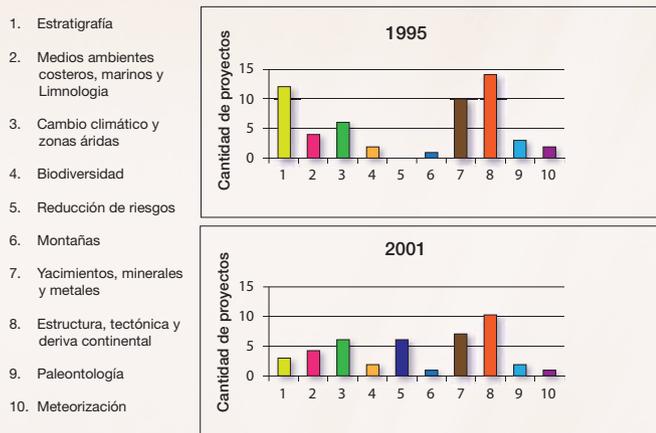
(Muchas de esas prioridades de la UNESCO se recogieron más adelante en el Plan de Acción Estratégico de 2001 de la UICG en su condición de copatrocinador del PICG; la Declaración de objetivos de la UICG ponía el acento en la educación, las ciencias de la Tierra aplicadas, la

interdisciplinariedad y la capacitación en los países menos adelantados.)

La influyente Conferencia Mundial sobre la Ciencia organizada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia (CIUC) (Budapest 1999) declaró que los programas de la UNESCO deben “reconocer la necesidad de tratar el medio ambiente de la Tierra como un único sistema complejo que se debe observar mundialmente y de manera integrada para predecir su variabilidad y las probables consecuencias de las actividades humanas en él”. Esa declaración entrañaba claramente la necesidad de algunos cambios en la gestión de los programas del Sector de Ciencias Naturales y Exactas, entre ellos el incremento de la interdisciplinariedad científica.

A pesar de la abundante retórica positiva, en 2004 se adoptaron algunas decisiones en los niveles más elevados de la UNESCO que, fuertemente impulsadas por consideraciones presupuestarias en lugar de por los resultados del PICG, rebajaron el perfil del Programa. La División de Ciencias de la Tierra, que comprendía el PICG junto con los Geoparques, la Observación de la Tierra y la Capacitación, se combinó con la División de Ecología en la

nueva División de Ciencias Ecológicas y Ciencias de la Tierra y se redujeron considerablemente todos los presupuestos. Los elementos de reducción de desastres de la anterior División de Ciencias de la Tierra fueron trasladados a la División de Ciencias Básicas y Ciencias de la Ingeniería.



Proyectos del PICG según las principales categorías

## El importante cambio de configuración de 2004 a 2008

A esa reestructuración del PICG siguió una serie de medidas encaminadas a tratar de reequilibrar el Programa a la luz de los cambios de su estructura, alcance y apoyo financiero.

En mi calidad de entonces Presidente del Consejo Científico del PICG, escribí al Subdirector General de Ciencias Naturales y Exactas de la UNESCO en noviembre de 2004 con propuestas para disminuir los costos del PICG, como la de que los fondos liberados se empleasen para sostener los proyectos científicos que constituían el núcleo del Programa. La carta contenía los puntos siguientes:

1. **Se debía mantener las reuniones** anuales del Consejo Científico del PICG y tratar en ellas todos los temas de debate fijados, pero solo deberían asistir a las mismas los Presidentes de los cinco Grupos de Trabajo y se debería favorecer el empleo de la comunicación electrónica para la evaluación de los proyectos.
2. **Había que desplegar esfuerzos intensos** para atraer el patrocinio de los países e industrias que obtienen especiales beneficios de una comunidad de ciencias de la Tierra saludable y vigorosa.
3. **Era preciso entablar lo antes** posible un diálogo con la UICG en su condición de asociado científico de la UNESCO en el PICG.

La carta se utilizó para convencer al Director General de que debería conservarse “las Ciencias de la Tierra y PICG” como programa diferenciado dentro del Sector de Ciencias Naturales y Exactas de la UNESCO. También se utilizó en posteriores conversaciones con la UICG y otras organizaciones asociadas, con los resultados siguientes:

Al documento recapitulativo del Director General (“El Programa de Ciencias de la Tierra en el Sector de Ciencias Naturales y Exactas de la UNESCO”, que expuso la posición del Director General en la reunión del Consejo Ejecutivo de la UNESCO de abril de 2005), siguió una reunión el 17 de junio de 2005 del “Grupo de trabajo conjunto UICG/UNESCO sobre la reforma del PICG”, que se centró en la reforma estructural y los cambios en el modo de funcionamiento del PICG. Varios de los cambios que propuso ese Grupo de trabajo estaban muy próximos a las propuestas que ya habían formulado diversos órganos, entre ellos la Comisión Nacional del Reino Unido para la UNESCO. A fin de cuentas se propuso que se redujesen los gastos de gestión y se aumentaran los ingresos y, algo muy importante, se recomendó que se efectuaran



## Resultados – 2005

### Reducir los gastos de gestión: se recomendaron varios procedimientos, entre otros:

- (a) limitar la reunión del Consejo Científico desde febrero de 2006 a los cinco Presidentes de los Grupos de Trabajo, y
- (b) suprimir la versión publicada de la reseña anual de la labor del PICG, titulada “Geologic Correlation”.

### Aumentar los Ingresos: se recomendó que:

- (a) la UICG triplíquese su contribución al PICG para el período 2006-2007;
- (b) se invitara al Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO a duplicar o triplicar su contribución financiera al PICG;
- (c) se invitase oficialmente a otros programas del Sector de Ciencias (incluidos la División de Ciencias Básicas y Ciencias de la Ingeniería (BES), la Comisión Oceanográfica Internacional (IOC) y el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB)) a participar en el PICG, especialmente en el campo de los riesgos naturales; y
- (d) se allegasen fondos extrapresupuestarios en cooperación con institutos oficiales (como los servicios de prospección geológica) y el sector privado.

### Cambios fundamentales propuestos en la estructura y el funcionamiento del PICG:

- (a) los anteriores cinco Grupos de Trabajo deberían basarse en los temas prioritarios (en número restringido, de orientación y relevancia sociales, y que traten de “nichos” específicos y bien definidos), dejando solo el 25% para la modalidad del PICG tradicional consistente en proyectos acordes a un modo de respuesta y “de arriba abajo”;
- (b) la evaluación de las propuestas de proyectos y la evaluación anual de los proyectos del PICG debería ser realizada por un **Consejo Científico más reducido** en colaboración con un **grupo de evaluación más nutrido** integrado por hasta unos 50 expertos que se comunicasen electrónicamente; y
- (c) Al PICG reformado deberían corresponder unos Comités Nacionales reformados, los cuales tendrían que ser más representativos y estar vinculados más estrechamente a sus Comisiones Nacionales de cooperación con la UNESCO.

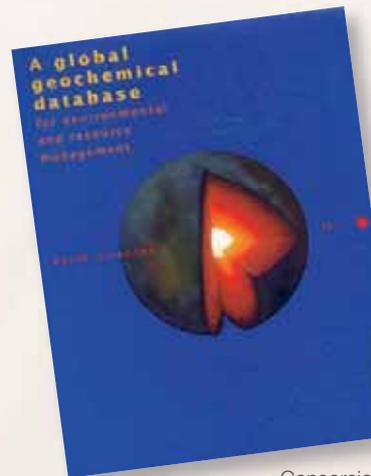
varios cambios fundamentales y de amplio alcance de carácter estructural y operacional, además de algunas medidas a corto plazo (véase el recuadro).

Como demuestra la historia del PICG, durante la mayoría de sus 40 años el Programa ha atraído un abanico impresionante de proyectos y ha llevado a participar a cada vez más científicos de los países menos desarrollados, dándoles oportunidades de trabajar junto con científicos de muchos países en torno a problemas clave y de una manera que no hubiese sido posible por otros medios. Muchos proyectos impartieron talleres de formación antes o después de las conferencias científicas anuales. Ambas actuaciones, que impulsaron la capacitación entre el personal y los estudiantes de postgrado de los países menos desarrollados, suscitaban frecuentemente una mejora de los estándares.

Habida cuenta de esta función de capacitación y de la importancia en las ciencias de la Tierra de los debates y análisis fundados en la actividad sobre el terreno, los proyectos aprobados han tenido con frecuencia un ámbito regional, si bien el historial de proyectos mundiales ha sido

impresionante, como puede verse por varios proyectos que han dejado legados autónomos y permanentes, como los siguientes ejemplos escogidos:

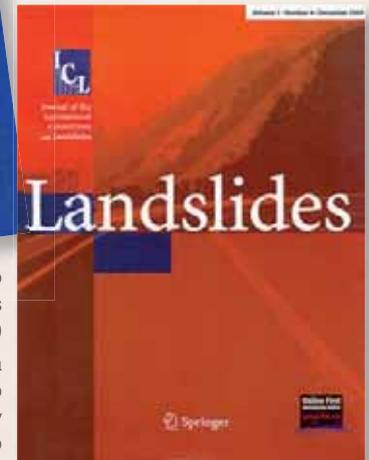
- la Base de datos geoquímicos mundiales (PICG 259: 1995);
- el Consorcio Internacional de Deslizamientos de Tierras (PICG 425: 2002);
- la Asociación Internacional de Geología Médica (PICG 454: 2005);
- la creación del Centro Internacional de Investigación sobre el Karst, República Popular de China en 2008, tras más de 20 años de proyectos del PICG de investigaciones internacionales sobre el karst (PICG 299, 379, 448, 598); y
- la propuesta de creación del Centro Internacional de Investigación sobre Cartografía Geoquímica Mundial



Base de Datos Geoquímicos Mundiales (publicación 1995)  
PICG 259 (1988-1992) & PICG 360 (1993-1997)

Consorcio Internacional de Deslizamientos de Tierras (publicación 2002)

Revista con el apoyo de la UNESCO, OMM, Ministerio Japonés de Educación y Universidad de Kioto  
PICG 425 (1998-2002)



Dos ejemplos del legado permanente procedente de, o inspirados por los proyectos del PICG.

## De 2008 a 2012

A pesar de la magnitud de los cambios que culminaron en 2008, hay quienes creen que el proceso no fue suficientemente lejos. Ese mismo año, en una reunión de los Presidentes de los cuatro Programas Científicos Intergubernamentales/ Internacionales (PCI) en la Comisión Nacional del Reino Unido para la UNESCO, formulé la siguiente declaración:

*“...Creo que el esfuerzo que han entrañado los cambios efectuados [recientemente] en el Programa por la UNESCO y la UICG habría sido más eficaz y enriquecedor de haber sido reformulado para encajar las ciencias de la Tierra de la UNESCO en partes de algunos programas ambientales mundiales ya existentes [...] y [...] que el no haber logrado orientarlo [el PICG] hacia una estructura más adaptable, en una época de problemas globales que exigen reunir muchas disciplinas en búsqueda de soluciones, ha debilitado el Programa.”*

Ante la aceleración de la necesidad de una interacción complementaria entre las ciencias en respuesta a los problemas ambientales de escala mundial, será menester analizar las propuestas de proyectos de índole discreta para que el Programa conserve su relevancia, flexibilidad y potencial de innovación. Muchos proyectos del PICG han actuado de hecho a escala mundial. En el programa siempre han figurado proyectos de ámbito continental, algunos de los cuales se han adelantado a su época, como el PICG 475 (2003-2007 – DELTAMAP: Deltas en la región de los Monzones de Asia y

el Pacífico). Ese proyecto estaba estrechamente relacionado con el programa de la Red de Asia y el Pacífico para la investigación del Cambio Global sobre “Megadeltas de Asia” y fue dirigido por científicos chinos con sucesivas reuniones anuales en Tailandia, Viet Nam, Brunei, Bangladesh y China.

Mi breve historia está entrando en el futuro y no debería seguir más allá, salvo, tal vez, para decir que sería una práctica sana el que el Consejo Científico y los funcionarios del Programa vigilasen de cerca la índole y la factibilidad de otros posibles cambios en las características operacionales del PICG, con miras a satisfacer necesidades futuras esenciales, reconociendo que las fronteras clásicas entre las disciplinas deberían ceder ante la presión que ejercen los retos cada vez más globales y multidisciplinarios. El PICG, gracias al aliento sostenido que le prodigan la UNESCO y la UICG para que emplee métodos de gestión novedosos, está sin duda bien situado para aprovechar plenamente esta tendencia en alza en los años venideros.

**Edward Derbyshire**

*Presidente del PICG, 1996-2001*

*Profesor Visitante,*

*Royal Holloway, University of London*

Ríos, Rusia.  
© Abóe Schlägenhauf

# Ejemplos escogidos de proyectos del PICG



El Programa Internacional de Ciencias de la Tierra, anteriormente Programa Internacional de Correlación Geológica (PICG), constituye una plataforma internacional para que los geocientíficos colaboren en proyectos encaminados a comprender la Tierra, sus recursos y el papel de las ciencias de la Tierra en la sustentación de la sociedad. Una fortaleza del PICG es una red mundial de infraestructuras y recursos humanos bien formados en investigación, que constituye una plataforma para asociaciones y formación por encima de las fronteras políticas. El PICG acoge complacido las propuestas de equipos multinacionales de científicos sobre temas de especial interés para el PICG, temas que ocasionalmente se determinan cada año, y otros temas pertinentes en ciencias de la Tierra básicas y aplicadas. Todas las propuestas son evaluadas por el Consejo Científico del PICG, en un proceso fundado en la calidad científica y en el que se pone el acento en los objetivos del PICG.

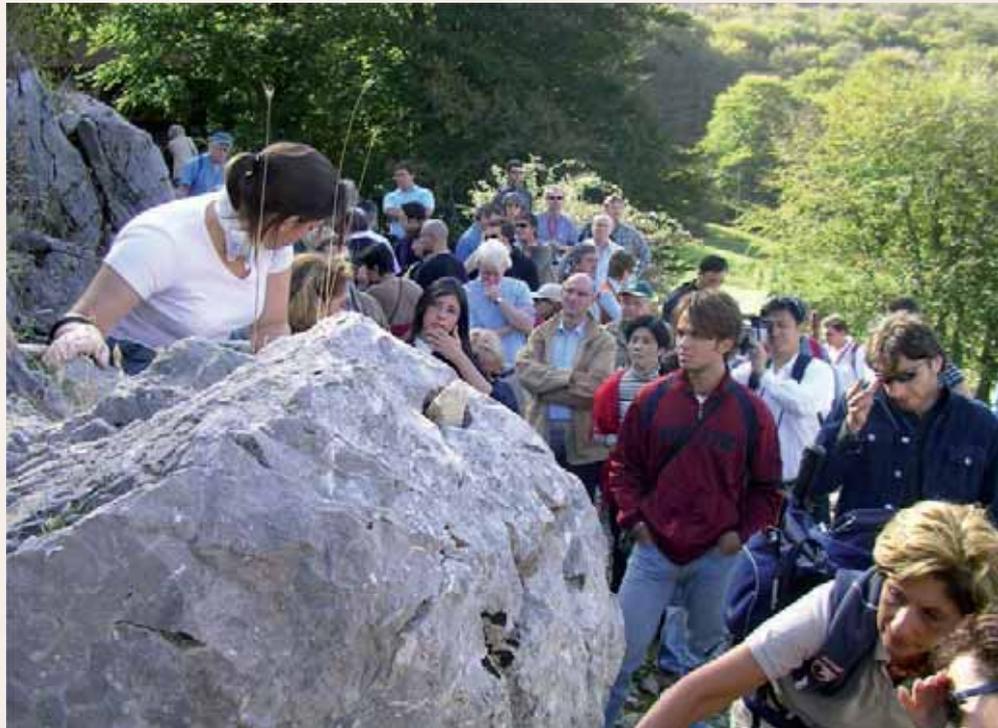
En las páginas que vienen a continuación se resumen unos cuantos ejemplos de excelentes proyectos del PICG realizados en los cuatro decenios del Programa. Se exponen aquí por ser representativos de

los principales temas planteados por el Consejo Científico en 2007, en la siguiente secuencia:

- ▶ El cambio global y la evolución de la vida
- ▶ Los riesgos geológicos: mitigación de riesgos
- ▶ Hidrogeología: Las geociencias del ciclo del agua
- ▶ Los recursos de la Tierra: La sustentación de nuestra sociedad
- ▶ Las profundidades de la Tierra: Cómo rigen nuestro medio ambiente

También se expone un ejemplo de proyecto al que se prestó apoyo en el marco del programa “Científicos Jóvenes”.

Arrecife de coral fosilizado  
en las montañas.  
© Madonie Geopark



Capas sedimentarias de 65 millones de años de antigüedad relacionados con la extinción en masa del límite Cretácico / Terciario, Geoparque de la Costa Vasca, España. © Jon Paul Llordés





# El cambio global y la evolución de la vida

Los cambios en el clima de la Tierra y en la evolución de la vida se preservan en el registro de las rocas. Los registros del hielo y el polvo, los sedimentos terrestres y oceánicos y la sucesión de colecciones de plantas y animales fósiles contribuyen a nuestro conocimiento del cambio global. Varias grandes extinciones asociadas a drásticos cambios ambientales y del ecosistema han marcado la historia de la Tierra, y la propia vida ha influido en la atmósfera, los océanos y la superficie de la Tierra. Esas enseñanzas ambientales del pasado arrojan luz sobre los retos actuales y futuros.

# PICG 493 y 587: Ascenso y desaparición de la biota del Vendiano (2003-2007 y 2010-2014)

El PICG 493, que con el tiempo pasó a ser el PICG 587, se ocupó del cálculo preciso de sucesos planetarios durante el Proterozoico superior (hace más de unos 543 millones de años) y de los efectos que las variaciones del medio ambiente de entonces (los climas, el océano mundial, la química atmosférica y la paleogeografía) ejercieron sobre el desarrollo y la diversificación de los primeros animales de la Tierra, que culminaron en las faunas, espectaculares y reconocidas mundialmente, del período de Ediacárico o Vendiano. Aquellas faunas no se semejaban a los animales modernos. Algunos animales parecían un cruce entre un animal y una planta, otros tenían aspecto de “frisbies” y otros de gusanos, aunque no lo eran. Algunos eran más pequeños que una uña y otros medían más de un metro. Después de que se extinguieran esas faunas, llegaron los animales con los que estamos más familiarizados (dotados de caparzones y de ojos) con la ‘explosión cámbrica’ (hace 542 millones de años).

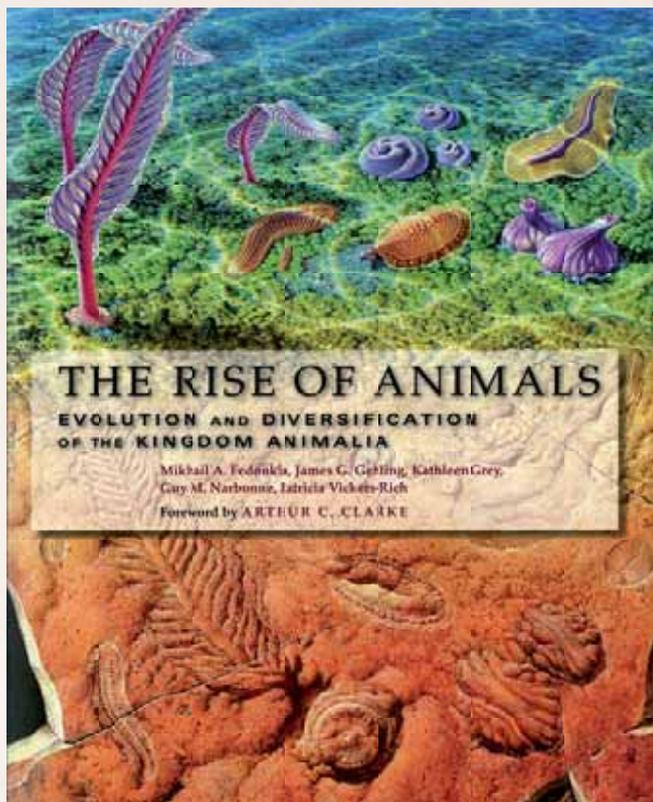
Donde las biotas del período de Ediacárico o Vendiano están mejor representadas es a lo largo de la Costa Invernal del Mar Blanco en la Federación de Rusia, en la cordillera de Flinders de Australia meridional, en los desiertos del sur de Namibia, a lo largo del río Yangtsé en China y en los afloramientos costeros de Terranova (Canada). Se han investigado otras faunas diversas del Noroeste del Canadá, Siberia, los Montes Urales del centro de Rusia y Ucrania, Mongolia, el noroeste de la Argentina, el centro del Brasil y Oriente Medio y, junto con las locales mejor conocidas, han proporcionado, y siguen haciéndolo, nuevas informaciones de gran importancia sobre el ascenso y la desaparición de aquella asociación metazoana neoproterozoica única (animales multicelulares), que floreció y

prosperó hace de unos 600 a 543 millones de años. Luego, desapareció bastante abruptamente, dando lugar a solo unos cuantos de los grupos animales que conocemos hoy día. La comprensión de lo que controló la composición exacta de aquella asociación multicelular distribuida en todo el planeta (¿los entornos, el tiempo o ambos factores?) ha sido y sigue siendo esencial para las actividades de los investigadores que estudian esos dos proyectos multidisciplinares. Hacer retroceder las fronteras tanto por lo que se refiere a ampliar el conocimiento del período de existencia conocido de aquella asociación del período de Ediacárico o Vendiano, como a la comprensión detallada de la morfología y el funcionamiento de la singular arquitectura de aquellos extraños primeros animales, ha sido un importante tema de estos dos proyectos del PICG.

A lo largo de los años, han participado en los proyectos PICG 493 y 587 más de 110 investigadores de un amplio abanico de países: Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, España, Estados Unidos de América, India, Irán, Irak, Irlanda, Italia, Japón, Namibia, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, República Checa, Rusia, Sudáfrica, Suecia, Taiwán de China y Uruguay. En esos proyectos intervino un equipo multidisciplinario de sedimentólogos y estratígrafos, geoquímicos, geocronólogos, especialistas en geología estructural, paleontólogos, bioquímicos y especialistas en morfología funcional, además de un artista especializado en reconstrucción, una cantidad importante de estudiantes universitarios y de licenciados, niños, profesores y productores de documentales.



Los últimos  
Ediacaranos: Fósiles  
de Pteridinium  
superpuestos al  
paisaje moderno  
formado por  
sedimentos marinos  
neoproterozoicos,  
Sur de Namibia.  
Se trata de la última  
aparición de diversas  
asociaciones de esos  
primeros animales  
en el planeta Tierra.  
Pintura del artista  
reconstructor  
Peter Trusler.  
© Peter Trusler



Publicación de la Editorial de la Universidad Johns Hopkins (EE. UU.) para el gran público que resumió los resultados del PICG 493, incluyendo abundante obra original encargada para este proyecto al artista reconstructor Peter Trusler. Ha servido de catálogo de varias exposiciones organizadas en el marco del PICG 493 y mostradas en Asia y Australia. Galardonada con el prestigioso premio Victorian Premier (Australia) a la mejor obra de divulgación científica publicada en los años 2005-2007. © Patricia Vickers-Rich

Las reuniones que organizaron y patrocinaron esos proyectos han estado orientadas a la actuación sobre el terreno (por ejemplo, el Mar Blanco y Siberia en Rusia, Namibia y Argentina) y también orientadas a las exposiciones en conferencias, alineadas con las reuniones del Congreso Geológico

Internacional celebradas en Italia (2004), Noruega (2008), y la próxima, que tendrá lugar en Australia, en 2012. Algunas reuniones han dado lugar a importantes publicaciones, como “The Rise and Fall of the Ediacaran (Vendian) Biota”, producida por la Sociedad Geológica de Londres en 2007 (Publicación especial 287), así como a informes de investigaciones y reportajes de amplia difusión en Japón, Moscú, Argentina, Australia, China y Taiwán de China. Se ha hecho un intento deliberado de popularizar los resultados de las investigaciones mediante exposiciones – entre otras, las denominadas “La flora y la fauna silvestres de Gondwana”, “Los primeros animales” y “El artista y los científicos”–, que han viajado por todo el mundo; producir materiales didácticos y libros destinados al gran público, como The Rise of Animals de M.A. Fedonkin; imprimir papelería en Australia y Namibia, acompañada de materiales pedagógicos; crear un sitio web activo y con un amplio número de usuarios ([www.geosci.monash.edu.au/precsite.html](http://www.geosci.monash.edu.au/precsite.html)) e iniciar y prestar asistencia a la producción de documentales realizados por productoras audiovisuales en Uruguay, Australia, Japón, España, Reino Unido y Estados Unidos de América, el más reciente de los cuales, iniciado y apoyado fuertemente por los participantes en los PICG 493 y PICG 587, fue First Life, el episodio final de la Life Series de Attenborough, galardonada con tres premios Emmy en septiembre de 2011.

Uno de los logros notables de este proyecto fue una campaña de tres años de duración para obtener más de 70.000 dólares con los que se financiaron la instalación de la colección de 50 vitrinas de muestras del Vendiano en una sala propia del Instituto Paleontológico de la Academia Rusa de Ciencias en Moscú, además de designar a cuatro asistentes conservadores de la misma.



*Yorgia imaginaria elevándose entre las nubes sobre Zimnii Gory en la costa del Mar Blanco de Rusia septentrional, uno de los lugares que estudiaron intensamente los miembros del laboratorio de estudios del Precámbrico del Instituto Paleontológico de la Academia Rusa de Ciencias que participaron en el PICG 493. Obra realizada para su uso en publicaciones y exposiciones. © Peter Trusler*

Comprendiendo la secuencia y el ritmo al que ocurrieron esos grandes sucesos bióticos en el pasado, en este caso el ascenso y la desaparición de una biota diversa en el Proterozoico superior, y arrojando luz sobre los motores de esos sucesos evolutivos, se mejorará el conocimiento necesario para predecir en el futuro los cambios climáticos y ambientales, así como las fuerzas que están impulsando esos cambios. Solo entonces las decisiones acerca de nuestro propio comportamiento estarán bien fundadas, serán realistas y tal vez menos descabelladas.



Libro muy popular coescrito por Patricia Vickers-Rich, una de las codirectoras del PICG 493/587 con el premio Nobel José Ramos-Horta, Presidente de Timor-Leste, dirigido a alumnos de enseñanza primaria, sobre la historia geológica, incluyendo la Fauna del Ediacárico/Vendiano. Este libro ha sido traducido a 14 idiomas.  
© Peter Trusler

***Patricia Vickers-Rich**, Palaeontology, School of Geosciences, Monash University, Melbourne, Victoria, Australia; **Mikhail Fedonkin**, Precambrian Laboratory, Palaeontological Institute and Director, Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; **Jim Gehling**, Senior Research Scientist, Palaeontology, South Australian Museum, Adelaide, South Australia, Australia (IGCP 493 and 587); **Guy Narbonne**, Geological Sciences and Geological Engineering, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada (IGCP 587)*



エディアカラの不思議な生き物たち



La Exposición sobre el Precámbrico montada en el Fukui Dino Museum de Japón despertó gran interés.  
© Fukui Prefectural Dinosaur Museum



PICG 521: El Corredor del Mar Negro – Mediterráneo durante los últimos 30.000 años: el cambio del nivel del mar y la adaptación humana (2005-2009)



El Corredor del Mar Negro – Mediterráneo es un sistema oceanográfico integrado que abarca el Paso de Manych-Kerch (formado por el valle de Manych, el Mar de Azov y el Estrecho de Kerch), el Mar Negro, el Paso de Mármara (consistente en el Estrecho del Bósforo, el Mar de Mármara y los Dardanelos), el Mar Egeo, el Mediterráneo oriental y sus costas. Durante el Pleistoceno Superior (hace 126.000 años), el Corredor estuvo conectado al Mar Caspio a través del Paso de Manych. El Corredor posee importancia estratégica, no solo para sus países ribereños, sino también para al menos otros 17 que comparten su cuenca hidrográfica, que ocupa una superficie equivalente a un tercio de Europa. El Corredor actúa a modo de captador y amplificador sensible de los sucesos climáticos del pasado, las variaciones del nivel del mar y la migración de la línea costera, que son especialmente pronunciados en el Mar Negro por su ubicación geográfica y su aislamiento parcial del océano abierto.

En los últimos 30.000 años, el Corredor tuvo una historia complicada que sigue siendo objeto de debates acalorados. Esa región ha atraído un enorme interés internacional en el último decenio en tanto que posible emplazamiento del origen de la narración bíblica del Diluvio Universal. Esa conexión fomentó la realización de investigaciones nuevas y polémicas sobre el régimen hidrológico en los estrechos que se comunican entre sí y la transición de las condiciones lacustres a las marinas, así como la adaptación pretérita, actual y futura de los seres humanos al cambio ambiental.

El Corredor (señalado con una línea de puntos amarillos) y los lugares en que se celebraron las Reuniones Plenarias del PICG 521-INQUA 501 en los años 2005–2011: 2005 – Estambul (Turquía) (costa del Mar de Mármara); 2006 – Odesa (Ucrania) (región de Dniester-Pivdennyi Bug); 2007 – Gelendzhik (Rusia-Kerch, Ucrania); 2008 – Bucarest (Rumania)-Varna (Bulgaria); 2009 – Izmir-Çanakkale (Turquía) (costa del Mar Egeo); 2010 – Rodas (Grecia); 2011 – el Dniester inferior y la parte ucraniana de la región del Danubio inferior.

© Valentina Yanko-Hombach.

Antes de que se iniciara el proyecto 521 del PICG (2005-2010), ningún estudio había investigado este período de 30.000 años y la evolución del Corredor como una sola entidad, aunque diversos investigadores habían realizado abundantes investigaciones geológicas y arqueológicas aisladas, cuyos datos eran como las piezas de un gran rompecabezas a la espera de que las ensamblasen los esfuerzos conjuntos de la comunidad mundial. La finalidad principal del PICG 521, que se llevó a cabo paralelamente al Proyecto de Investigación INQUA 501 de la Unión Internacional de Investigaciones del Cuaternario (El Corredor del Mar Caspio, el Mar Negro y el Mediterráneo durante los últimos 30.000 años: el cambio del nivel del mar y las estrategias de adaptación humanas (2005-2011)), era conjuntar a los distintos grupos de investigación para que establecieran una correlación interdisciplinaria e interregional de los registros geológicos, geoquímicos, geofísicos, paleontológicos, arqueológicos e históricos de todo el Corredor y evaluar de ese modo la influencia del cambio de nivel del mar y la migración de la costa sobre la adaptación humana en los últimos 30.000 años.

Las actividades del proyecto permitieron a la comunidad internacional de científicos multidisciplinares correlacionar sus resultados, presentar nuevas conclusiones en las sesiones plenarias anuales, las sesiones temáticas, los simposios y talleres, así como publicar los resultados en diversas revistas y en libros (<http://www.avalon-institute.org/PICG/index.html>). Las visitas al terreno realizadas después de las sesiones plenarias permitieron a los participantes visitar sitios de gran importancia dentro del Corredor (véase el mapa), que en otro caso hubiesen sido de difícil acceso, para observar características de importancia bajo la guía de expertos locales y analizar importantes cuestiones científicas sobre el terreno. Participaron unos 400 especialistas de 31 países, que superaron las fronteras lingüísticas y políticas y alentaron el diálogo entre Oriente y Occidente.





El término “volcán de barro” se aplica generalmente a una extrusión de la superficie de barro o arcilla líquida, que casi siempre viene acompañado de gas metano. Los volcanes de barro fósiles se pueden utilizar para reconstruir el clima y los cambios del nivel del mar y demostrar que en el último máximo glacial (aprox. hace 26.500-19.000 años) el nivel del Mar Negro estaba a unos 100 m por debajo del actual.

Los logros se expusieron en conferencias y se publicaron resúmenes en siete volúmenes sometidos previamente a una revisión por pares (peer-reviewed), tres números extraordinarios de la revista *Quaternary International* y tres libros. Las actividades del proyecto también se dieron a conocer por medio de sitios web actualizados con mucha frecuencia: <http://www.avalon-institute.org/PICG>, <http://black.sealevel.ca> y <http://www.bridge.bris.ac.uk/projects/EMBSEC BIO>. Esa información contribuyó a un efecto “spin off” de reforma educativa en materia de ciencias de la Tierra, del comportamiento y de la atmósfera, lo cual mejoró la competitividad de los científicos jóvenes del Este y aumentó sus posibilidades de empleo.

El proyecto creó un banco de datos de muestras analizadas mediante radiocarbono ( $C^{14}$ ) del Mar Negro; colecciones de referencia de foraminíferos bentónicos del Cuaternario (organismos unicelulares que constituyen un importante componente de la biomasa de las profundidades del mar) y de moluscos del Mar Negro, el Mar de Azov y el Mediterráneo oriental (esos dos resultados conjugados ayudaron a mejorar la escala estratigráfica de los últimos 30.000 años y proporcionó la correlación de diversos entornos geológicos); conjuntos de datos sobre polen de unos 100 lugares que se extendieron a modelos de biomización (vegetación mundial) a intervalos temporales determinados; un sistema normalizado de métodos de preparación de palinología marina (polen) y taxonomía (la ciencia de identificar y dar nombre a las especies) para estudiar los sedimentos y palinomorfos (polen) del Corredor, a fin de permitir que las interpretaciones futuras se basen en los mismos tipos de colecciones y utilicen una nomenclatura actualizada; un nuevo enfoque de la investigación de la racemización de los aminoácidos (un método de datación biológica que se emplea en los huesos y caparazones) y la datación por radiocarbono mediante AMS (Acelerador de Espectrometría de Masas) de sedimentos

profundos del Mar Negro del Holoceno, y explorar la posible amplitud de la promediación temporal; y las curvas de nivel del Mar Negro a escalas de radiocarbono y de tiempo en los últimos 12.000 años.

El proyecto ayudó a revelar la influencia de la tectónica activa en el cambio del nivel del mar y los procesos costeros dentro del Corredor. Describió la evolución paleo-oceanográfica en lo relativo a la paleotemperatura, las paleosalinidades, la paleoproduktividad, las pautas de circulación y la eficiencia de los Pasos de Manych y Mármara en determinados intervalos temporales. Detalló la evolución de las masas de agua en el espacio y en el tiempo, determinando sus posibles fuentes, y reconstruyó la dinámica de la vegetación y del clima desde el Último Máximo Glacial (hace unos 26.500 y 19.000 años). El proyecto también examinó las migraciones en tanto que mecanismo de exploración del ecosistema del Mar Negro noroccidental en el límite entre el Pleistoceno y el Holoceno (hace unos 12.000 y 11.000 años), además de las secuencias culturales, la aparición de las economías productoras de alimentos de Europa suroriental y la recolección de diversas rocas utilizadas en la prehistoria en diferentes partes del Corredor.

El proyecto también elaboró varios modelos matemáticos de las transgresiones del Mar Negro en el Pleistoceno Superior y el Holoceno; los niveles extremos del Mar Negro y el Mar Caspio desde el Máximo Glacial; la sedimentación en la plataforma noroccidental del Mar Negro, que pone de manifiesto importantes periodicidades de sedimentación relacionadas con el cambio del nivel del mar y la actividad hidrodinámica. Otros modelos matemáticos arrojaron luz sobre la dinámica de las crisis ecológicas y la reacción adaptativa de los antiguos organismos a las condiciones ambientales cambiantes del límite entre el Pleistoceno Superior y el Holoceno, lo cual proporcionó una evaluación cuantitativa de





El neostratotipo de Eltigen, Península de Kerch (Crimea). Este neostratotipo contiene la secuencia marina más completa y bien conservada que hay en el Corredor. Se superpone a depósitos continentales, lo que indica la transgresión del Mar Negro (aumento relativo del nivel del mar).

© Valentina Yanko-Hombach



Las ruinas de Éfeso, en la costa oeste de Asia Menor (Turquía). Las ruinas de Éfeso, que fue una antigua ciudad griega, y más tarde una importante ciudad romana, se han excavado y revelan que muchas partes de la ciudad romana se erigieron encima de los antiguos depósitos sedimentarios de ambientes marinos poco profundos y lagunares, lo que indica el crecimiento de los deltas fluviales de Küçük Menderes en los alrededores de la ciudad de Éfeso.

© Valentina Yanko-Hombach



las consecuencias de los cambios ambientales en la difusión de la agricultura temprana y la transición del Mesolítico al Neolítico, que contribuyó a mejorar la comprensión del modo de vida del Neolítico en Europa.

En cuanto a la ciencia teórica, el proyecto arrojó nuevos conocimientos fundamentales sobre los mecanismos motores que influyen en la adaptación humana en la región; también mejoró nuestro conocimiento de los procesos y conceptos geológicos lineales y no lineales mediante estudios de las correlaciones de un amplio abanico de sitios en todo el Corredor. Además, mejoró la comprensión de la influencia del cambio climático global y/o la tectónica activa sobre las fluctuaciones regionales del nivel del mar, la evolución de la costa, la transformación de entornos lacustres en marinos, los ecosistemas y los sistemas sedimentarios, así como la prehistoria y la historia de la adaptación humana.

El proyecto mejoró el rigor de los métodos de investigación empleados en la ciencia aplicada (por ejemplo, la elaboración de

modelos cuantitativos del cambio del nivel del mar con una identificación detallada de los factores ambientales que intervienen y de su comportamiento). Su componente aplicada más sólida tiene gran importancia para la labor de los administradores de costas que evalúan el riesgo ambiental y el desarrollo sostenible del Corredor en el marco del cambio climático mundial que se prevé que se manifieste plenamente en este siglo.

En cuanto a los beneficios para la sociedad, el proyecto mejoró nuestra comprensión de los vínculos entre el cambio ambiental y la adaptación humana, contribuyendo con ello a mejorar las condiciones de vida de los seres humanos y promoviendo el uso sensato de la Tierra en tanto que hábitat de nuestra especie.

*V. Yanko-Hombach, Avalon Institute of Applied Science, Winnipeg, Canada;*  
*Y. Yilmaz, Kadir Has University, Turkey;*  
*P. Dolukhanov (Deceased)*



Participantes del proyecto 521 en el campo, 2008.  
© Valentina Yanko-Hombach



Estambul hoy, © Sarah Gaines







# PICG 588: Cómo prepararse para los cambios costeros (2010-2014)

El PICG 588 tiene por tema la evolución del litoral a distintas escalas temporales y espaciales y se basa en un legado de anteriores programas del PICG sobre las costas, que han proseguido durante más de tres decenios (los proyectos 61, 200, 274, 437 y 495). Este proyecto reúne a científicos y profesionales que estudian los procesos, los impactos y las respuestas contemporáneas de los entornos costeros a los cambios del nivel del mar y a los sucesos extremos, con un interés muy especial por las influencias y reacciones de los seres humanos a los procesos costeros. Una finalidad primordial del proyecto es, no solo examinar la dinámica y la evolución pasadas y actuales de las costas, sino también incorporar la elaboración de modelos predictivos de la respuesta del litoral a las variaciones climáticas, los impactos antropogénicos y los riesgos naturales. Así pues, en este proyecto colaboran investigadores que evalúan la dinámica y la vulnerabilidad de las costas en escalas temporales que abarcan desde minutos a milenios, que tienen un interés inmediato para diversos colaboradores interesados en el futuro de las comunidades costeras del planeta.

## Los cambios costeros

Es bien sabido que a lo largo de la historia humana, los cambios que ha experimentado el nivel relativo del mar, la evolución de las costas y los sucesos costeros de riesgo (como las tormentas y los tsunamis), han perjudicado el bienestar humano y han intensificado la degradación del



Costa de Normandía, Francia.  
© Margarete Patzak

medio ambiente. Una mayor conciencia pública sobre las predicciones del futuro aumento del nivel del mar, combinada con recientes sucesos devastadores, ha hecho que tenga una gran importancia socioeconómica la comprensión de la interacción entre los seres humanos, las tierras, el océano, y la dinámica costera. Más que nunca, la amenaza inminente del aumento del nivel del mar sobre ciudades costeras situadas a baja latitud (como Nueva Orleans, Shanghai, Venecia), y sobre comunidades isleñas (como las Maldivas, Kiribati y Tavaru), ha servido para recalcar la importancia de comprender los cambios que experimentó el nivel del mar en el pasado para predecir con más seguridad el futuro. De modo similar, sucesos extremos como el huracán Katrina, el ciclón Nargis y los tsunamis del Océano Índico de 2004 y del Japón de 2011 han demostrado la vulnerabilidad de las comunidades costeras de todo el mundo. Esas comunidades siguen creciendo a ritmos sin precedentes y, como consecuencia, esas poblaciones en aumento son vulnerables a las inundaciones costeras asociadas al aumento del nivel del mar, las olas ciclónicas, los tsunamis y las crecidas fluviales.

## El tiempo tiene una importancia fundamental

Los temas de este proyecto están vinculados por los temas transversales del tiempo y el impacto de las comunidades humanas en los paisajes costeros pasados y futuros. Este proyecto estudia registros que ayudarán a evaluar las interacciones humanas, la dinámica y la vulnerabilidad del litoral en diferentes escalas temporales, que tienen importancia inmediata para diversos colaboradores interesados en el futuro de las comunidades costeras. Las escalas temporales que se superponen comprenden sucesos catastróficos o instantáneos (de minutos a horas); cambios mensurables y predecibles (de horas a años) para decisiones en materia de planeamiento (años-decenios); y cambios a escala geológica (de siglos a milenios).



Simon Engelhart (Universidad de Pennsylvania) y Andrew Kemp (Universidad de Yale), participantes en el PICG 588, toman muestras en los pantanos de los bancos exteriores de Carolina del Norte (EE.UU.). La investigación en esta zona ha puesto de relieve un aumento definitivo y marcado así como una inflexión del índice de aumento relativo del nivel del mar en la costa oriental de los Estados Unidos.  
© Adam D. Switzer



## Predicciones con base científica

Este proyecto se centra en el nivel del mar y la comprensión de la comunidad costera de cómo han cambiado las costas en el pasado y, a partir de ello, informará sobre nuestras expectativas en un contexto cronológicamente limitado. El examen de la respuesta sistemática de los sistemas costeros a diferentes escalas temporales nos permite satisfacer las necesidades de una amplia variedad de actores sociales interesados de las comunidades, entre los que mencionaremos, a título de ejemplo, los servicios de urgencia (la planificación para hacer frente a sucesos extremos), los organismos oficiales y las compañías de seguros (la gestión de los recursos y las estrategias de mitigación y/o adaptación al cambio del nivel del mar, las inundaciones y la cuantificación del intervalo de recurrencia de sucesos extremos), y los ingenieros costeros (por ejemplo, la planificación de la defensa contra el cambio relativo del nivel del mar).

Los participantes en el PICG 588 de la Universidad de Pennsylvania recorren los pantanos del nordeste de los EE.UU. en busca de registros del nivel del mar de alta resolución de los últimos 2.000 años. Las investigaciones realizadas por los participantes en el PICG 588 de pantanos y estuarios de todo el mundo han supuesto una importante contribución al incremento de nuestro conocimiento de los niveles del mar en el pasado en marcos temporales a escala de decenios a milenios.  
© Adam D. Switzer

## Llegar a las masas

Mediante reuniones anuales, sesiones en grandes conferencias y talleres internacionales, este proyecto está haciendo una contribución sustancial a la mejora de la comprensión del cambio del nivel del mar y la dinámica costera en diferentes marcos temporales. Los canales de información electrónicos del proyecto están siendo alimentados por reuniones anuales combinadas con reuniones temáticas de especialistas, como los simposios sobre el terreno consagrados a los tsunamis, que mejoran la cooperación mundial entre los científicos y facilitan la transferencia de conocimientos científicos y de tecnología que tan presente está en los estudios costeros.

Las iniciativas innovadoras consisten en emplear los medios de comunicación sociales, los blogs y una base de datos/repositorio de trabajos aun no publicados que mejorará grandemente la disponibilidad de información para los no especialistas, incluyendo organismos oficiales, instituciones de enseñanza y el gran público. Tenemos un sitio web consagrado al tema ([www.coastal-change.org](http://www.coastal-change.org)) y un servicio de lista de correo electrónico que proporciona acceso directo por correo electrónico a más de 300 investigadores, funcionarios públicos, planificadores y educadores.

## Alimentar el IPCC

Varias de las cuestiones que en materia de investigación aborda este proyecto serán especialmente relevantes para los próximos informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en relación al futuro nivel del mar. Nos referimos concretamente a: las pautas del nivel del mar durante los últimos siglos y en los últimos milenios; los cambios del balance de masas en la placa de hielo de Groenlandia; la influencia de los sedimentos y la topografía en el Holoceno (aproximadamente, los últimos 11.000 años) para controlar la dinámica costera actual; y las pautas variables, especialmente del aumento pasado y futuro del nivel del mar debido a los cambios gravimétricos. El IPCC ha vuelto a recalcar recientemente la importancia de nivel del mar en tanto que barómetro del clima y señaló las consecuencias potencialmente devastadoras del futuro cambio climático experimentado a través del aumento del nivel del mar. Ahora bien, también subrayó la falta de certeza con que se comprenden los mecanismos motores del cambio reciente del nivel del mar y la desconexión entre las pautas geológicas a largo plazo y las pautas relativas a las observaciones más recientes. En esencia, este proyecto del PICG tiene por objeto colmar esta importante laguna en nuestros conocimientos.

***Adam D. Switzer**, Tectonics Group, Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University, Singapore;*

***Benjamin P. Horton**, Sea Level Research Laboratory, Department of Earth and Environmental Science, University of Pennsylvania, USA*

'Hoy día, las cuestiones relativas al litoral, antaño prerrogativa de disciplinas geológica y geomorfológicas esotéricas, son un tema primordial del debate sobre el cambio climático, sus impactos y la necesidad de adaptación de las costas más vulnerables'.

*Colin Woodrofe, autor principal del cuarto informe de evaluación del IPCC y ex director del PICG (PICG 274).*



Zanja paleosísmica mostrando la vertical de 6 metros de desplazamiento de la superficie del suelo provocado por el terremoto Mw8,0 Nobi en 1891, Museo de la ciudad de Motosu (Japón).  
© Aloé Schlegenhaut



6 m

地震によって移された地層

0 m

地震が起きる前の地層



# Los riesgos geológicos: mitigación de riesgos

Los riesgos geológicos comprenden los terremotos, la actividad volcánica, los deslizamientos de tierras, los tsunamis, las inundaciones, los impactos de meteoritos y los riesgos para la salud que entrañan los materiales geológicos. Los riesgos geológicos abarcan desde sucesos locales, como los deslizamientos de detritos y la erosión de la costa, a los que amenazan a toda la humanidad, como la erupción de supervolcanes y los impactos de meteoritos. Las investigaciones de los geocientíficos mejoran nuestra comprensión de dichos riesgos y contribuyen a mitigarlos.

# PICG 454: Geología médica: un nuevo instrumento de salud pública (2000-2004)

La geología médica es la ciencia que trata del impacto que nuestro entorno natural y la geología pueden tener en la salud de los seres humanos y de los animales. La versión moderna de esta disciplina reúne a geocientíficos con investigadores en biomedicina y salud pública, que abordan muy diversos problemas de salud ambiental. Por ejemplo, la ingesta de arsénico, metales pesados, radiaciones como las del radón, el

polvo atmosférico, el yodo, la fluor y otros muchos elementos que plantean problemas de salud de alcance mundial. Todos esos elementos y factores proceden del entorno natural, es decir, de la geología, y, tanto el exceso, como la ausencia de estos elementos naturales afecta de alguna manera y en algún grado a casi todos los habitantes de la Tierra.

## La capacidad de previsión del PICG: los inicios de la geología médica



Aunque los factores geológicos desempeñan un papel esencial en muy diversas cuestiones de salud ambiental que influyen en la salud y el bienestar de miles de millones de personas de todo el planeta, durante muchos años hubo una falta general de comprensión, de la importancia de esos factores para la salud de los seres humanos y los animales entre el gran público, los especialistas en biomedicina y la comunidad de la salud pública, e incluso en la comunidad de las ciencias de la Tierra. Como reacción ante esa situación, en 1996 la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (UICG), por conducto de su ahora extinta Comisión de Ciencias Geológicas para la Planificación Ambiental (COGEOENVIRONMENT), estableció un Grupo de Trabajo Internacional sobre Geología Médica, dirigido por Olle Selinus del Servicio de Prospección Geológica de Suecia (SGU), cuya finalidad primordial era lanzar una campaña internacional de sensibilización en torno al problema entre geocientíficos, especialistas médicos y el gran público.

En 2000, el Programa Internacional de Correlación Geológica (PICG, en la actualidad, Programa Internacional de Ciencias de la Tierra) creó un nuevo proyecto, el “PICG 454, Geología médica”, copresidido por los autores del presente texto, cuyo objetivo fundamental era congrega a científicos de países en desarrollo que se consagraban a cuestiones de geología médica con colegas que compartieran su interés, pero que trabajaban en otros países. Esa iniciativa dio por primera vez la oportunidad a científicos y clínicos (geocientíficos, médicos, geógrafos, veterinarios, etc.) de países desarrollados y en desarrollo de reunirse en un foro internacional e interdisciplinario coherente para detectar y abordar importantes problemas de salud ambiental.

La geología médica es la ciencia que trata de las consecuencias de nuestro entorno natural y de la geología relacionada con la salud de los seres humanos y de los animales.



En 2000, Bob Finkelman, geocientífico que trabajaba entonces en el Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos de América (USGS), y José Centeno,

toxicólogo químico del Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas estadounidenses (AFIP), se unieron al proyecto PICG 454. Esos dos científicos impartieron un taller de un día de duración en la reunión de 2001 de la COGEOENVIRONMENT en Lusaka (Zambia). El enorme interés que suscitó fue una demostración convincente de que el taller sobre geología médica acabaría por ser un poderoso instrumento para hacer progresar el logro de los objetivos del proyecto del PICG y la labor del Grupo de Trabajo original de la UICG. Se propuso luego que se llevara el taller a otros países en desarrollo que también planteaban problemas críticos de geología médica. El Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU) aprobó la propuesta y concedió una importante subvención para apoyar la realización de talleres de geología médica en todo el mundo.

Con apoyo del PICG, la UICG, COGEOENVIRONMENT, el USGS, el AFIP, el SGU y los países anfitriones, se utilizó la subvención del ICSU para financiar muchos más talleres de los que se habían propuesto originalmente. Hasta ahora, se han impartido talleres en más de 60 reuniones en todo el mundo y en ellos han participado varios miles de estudiantes y profesionales. En el marco



Taller de geología médica en Lituania, abril de 2006. © Olle Selinus

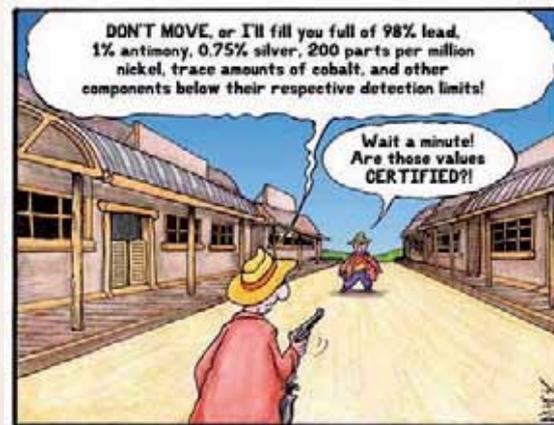






científico de esos talleres, se invita a científicos locales a que describan la labor de geología médica que se lleva a cabo en sus regiones y se alienta a los estudiantes a exponer su labor en forma de pósters. Los talleres, que duran de uno a varios días, están destinados a todos los interesados en los efectos de los materiales naturales y los sucesos geológicos naturales sobre la salud de los seres humanos y de los animales. Un importante objetivo de los cursos es dar la oportunidad de establecer y mejorar contactos y redes entre profesionales que trabajan en diferentes países y sobre diferentes aspectos de los problemas de salud ambiental. Se promueve el empleo de los materiales de los cursos para que los participantes impartan sus propios talleres regionales de geología médica. Se han publicado informaciones y noticias sobre los resultados del proyecto del PICG en muchas revistas, entre ellas algunas de amplia difusión como *Scientific American*.

La geología médica señala los peligros que entraña el no controlar el contenido de las materias ingeridas. Agradecemos la contribución del siguiente sitio web: <http://img.moonbuggy.org/analytical-chemists-in-the-wild-west>



Los elementos tóxicos que se encuentran en el suelo, las rocas y la atmósfera, procedentes de la contaminación natural (proveniente de la química de las rocas) y humana, pueden repercutir en la salud de los seres humanos. En algunas partes del mundo, el polvo mineral natural fino en suspensión en la atmósfera puede alcanzar concentraciones comparables a las que se dan en algunas industrias extractivas. Zonas densamente pobladas, como la China oriental, pueden padecer espesas nubes de polvo procedentes de las tierras secas occidentales en cualquier momento del año, pero sobre todo en primavera y otoño, como puede verse aquí en Lanzhou (China occidental), conforme a la siguiente secuencia: (izquierda) comienzo – 28 de abril de 2011, (centro) apogeo – 29 de abril de 2011 y (derecha) después del suceso – 30 de abril de 2011. La densidad del 29 de abril fue la más intensa en nueve años. Vista hacia el Guolan Shan, un monte en el flanco sur de la fosa tectónica de Lanzhou. © Edward Derbyshire

## Repercusiones en el mundo

Las actividades a que ha dado lugar el PICG 454 han tenido, y seguirán teniendo, profundas repercusiones positivas en todo el planeta. Las Naciones Unidas designaron a la UNESCO como la organización coordinadora de la ejecución del Año Internacional del Planeta Tierra, en el que uno de los temas clave fue el titulado Tierra y salud: Geología médica.

El Director principal y seis directores adjuntos publicaron en Elsevier (Academic Press) en 2005 un manual escolar titulado *Essentials of Medical Geology* (800 páginas, con ilustraciones en color). Unos 60 distinguidos especialistas de todo el mundo contribuyeron a esta obra; aproximadamente la mitad eran geocientíficos y la otra mitad médicos, veterinarios y especialistas de otras disciplinas. El manual estaba destinado a estudiantes universitarios y personas

encargadas de tomar decisiones. En noviembre de 2005, la British Medical Association le otorgó la mención de “Muy recomendable” dentro de la categoría Salud pública. Además, en enero de 2006 obtuvo un prestigioso Segundo premio de la Asociación de Editores Estadounidenses y fue uno de los dos galardonados en la categoría “Geología/Geografía” de los Premios a la Excelencia en la Edición profesional y Académica de 2005. En 2007, “Choice”, una lista anual de libros académicos notables reseñados el año anterior le concedió un tercer premio. Desde entonces, el libro ha sido traducido al mandarín y se está preparando una nueva edición revisada.

Esta iniciativa ha dado lugar a la publicación de otros muchos manuales escolares, actas e informes sobre geología médica.

## La Asociación Internacional de Geología Médica (IMGA) y el futuro

Fruto directo del proyecto PICG 454 fue la creación, en 2006, de la Asociación Internacional de Geología Médica ([www.medicalgeology.org](http://www.medicalgeology.org)), que hoy día aglutina muchas secciones regionales y grupos de todo el planeta. Todas las semanas aumenta el número de sus miembros a medida que se celebran regularmente conferencias internacionales y todos los años se publican varios libros y documentos nuevos. Uno de los hechos más interesantes que están sucediendo ahora es la fundación de centros de excelencia en geología médica que llevarán a cabo actividades de educación e investigación en el ámbito regional. Ya está en marcha la creación de los tres primeros en Puerto Rico, Turquía y Sudáfrica.

Nunca resulta fácil prever lo que encierra el futuro, pero tenemos la seguridad de que el porvenir de la geología médica es brillante. La IMGA, fruto directo del PICG 454, seguirá constituyendo una plataforma estable para el intercambio de ideas, la difusión de información, y las otras muchas actividades en materia de geología médica antes mencionadas seguirán estimulando el entusiasmo y el avance. Los especialistas en geología médica seguirán demostrando que lo que tienen que ofrecer beneficiará materialmente a la sociedad, al ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas y los animales del planeta. Lo más importante de todo es que la “revolución” de la geología médica pone de manifiesto el liderazgo, la capacidad de previsión y la

importancia del PICG. Al reconocer que esta subdisciplina era necesaria y prestar un crucial apoyo financiero y moral durante sus años de formación, el PICG ayudó a fomentar este resultado multidisciplinario y contribuyó a su evolución.

*Olle Selinus, Linneaus University, Kalmar, Sweden;*  
*Peter Bobrowsky, Geological Survey of Canada,*  
*Ottawa, Canada; Edward Derbyshire, Royal Holloway,*  
*University of London, UK*

Chica bombeando agua en Camboya.  
© UNESCO/Tiang Chhin, Sothy



Grupo de personas de Bangladesh  
usando el filtro familiar de  
eliminación de arsénico de la  
UNESCO-IHE.  
© UNESCO/IHE/Fred Kruijs

PICG 490: El papel de las catástrofes ambientales del Holoceno en la historia de la humanidad  
(2003-2007)



La investigación interdisciplinaria de las catástrofes geológicas del Holoceno (los últimos 11.000 años) tiene interés para las civilizaciones y los ecosistemas futuros. El proyecto combinó tres metodologías: registros instrumentales, documentos escritos y registros de sedimentos. También examinó la velocidad a la que los ecosistemas y las civilizaciones eran capaces de recuperarse de sucesos catastróficos. Ante el aumento de la conciencia de que importantes sucesos naturales pueden tener repercusiones mundiales abruptas, este proyecto dio una oportunidad excelente de evaluar la sensibilidad de la sociedad moderna ante las amenazas naturales extremas. En el proyecto participaron no solo la comunidad de especialistas en ciencias de la Tierra, sino también biólogos, arqueólogos, historiadores y meteorólogos.

A principios de 2004 se celebró en Mauritania el taller inaugural, en el que se trató principalmente el tema de la transición entre el Sahara “verde” y el “amarillo” que se transcurrió hace unos 5.000 años. En aquel entonces, una importante fauna de grandes animales, entre otros, jirafas, hipopótamos, elefantes, cebras, reses y caballos, vivía en lo que ahora es un desierto. A medida que cambió el clima, sus habitantes dejaron el centro del Sahara y emigraron a la costa o al valle del Nilo. Al mismo tiempo, estudiamos los cambios que hubo en la superficie del Sahel (inmediatamente al sur del Sahara) en los últimos 50 años, comprendida la crisis de las precipitaciones del decenio de 1970. Los científicos del PICG deseaban transmitir los mensajes siguientes: que es necesario estudiar el pasado y que, al hacerlo, las

ciencias de la Tierra pueden aportar información con una alta definición temporal (a escala social), además de determinar los indicadores fundamentales de los futuros cambios; que los estudios multidisciplinarios ya han dejado claros los efectos de cambios rápidos y catastróficos sobre sociedades anteriores; y que la naturaleza (además de las personas y con independencia de ellas) puede producir efectos negativos que es menester no minimizar.

El segundo taller, celebrado a finales de 2004 en Mozambique, se centró principalmente en las inundaciones recientes y anteriores de África oriental ecuatorial y África sudoriental, comparándose las inundaciones del Holoceno con las de los últimos años. Se difundió por Internet una declaración basada principalmente en la experiencia africana y redactada por los participantes, en la que se afirmaba que las inundaciones son la catástrofe natural más frecuente; que afectan a casi todas las partes del planeta y a una gran parte de la población del mundo, porque muchísimas personas viven junto a ríos y

en llanos aluviales. Los efectos catastróficos de las inundaciones están estrechamente vinculados a la transformación que los seres humanos llevan a cabo en los sistemas naturales.

En mayo de 2005, una conferencia sobre el cambio rápido del nivel del mar, celebrada en Irán septentrional, analizó los rapidísimos cambios del nivel del agua que se habían producido en el Mar Caspio en los últimos siglos, en el que los cambios tuvieron lugar con una velocidad 100 veces mayor a los del océano mundial. Asistieron muchos

## La investigación interdisciplinaria de las catástrofes geológicas del Holoceno (los últimos 11.000 años) tiene interés para las civilizaciones y los ecosistemas futuros.



Mezquita inundada por la crecida del Mar Caspio en 2005.

© Suzanne Leroy





Arena llevada por el viento que invade la antigua ciudad interior de Chinguetti (Mauritania). © Suzanne Leroy



“usuarios finales”, entre ellos personas del Organismo de Puertos (preocupadas por la rápida salinización que se produce cuando baja el nivel del mar) y del Organismo de Pesca (especialmente de la industria del caviar). Las empresas petrolíferas también estaban interesadas no solo en la cuenca septentrional, que es muy poco profunda y permite desarrollar infraestructuras mar adentro, sino también en otros lugares del Mar Caspio, a causa del aumento de los riesgos geológicos como los deslizamientos de tierras, los volcanes de barro y las emanaciones de metano.

Ese mismo año, se llevó a cabo una excursión a la Pampa argentina, en particular a lo largo de las orillas de Mar Chiquita, un gran lago cuyo nivel ha aumentado con enorme rapidez en los últimos decenios, fenómeno que también se observó en otros lagos de la Pampa y que estaba relacionado claramente con el aumento de los períodos de precipitación. Los aldeanos, obligados a reubicar su pueblo, siguieron los consejos de un geólogo que había estudiado los niveles de los lagos en el Holoceno. La transferencia de la información fue muy exitosa porque el científico procedía de un pueblo similar y por ello se estableció fácilmente la confianza entre él y los aldeanos.

En junio de 2005, asistieron a la reunión del Ártico especialistas en ciencias físicas y sociales y representantes de humanidades, de las comunidades locales y de las Primeras Naciones (First Nations). Uno de los principales temas de debate fue las consecuencias del calentamiento del planeta sobre las comunidades locales, que se expuso en el marco de estudios históricos y arqueológicos sobre los rápidos cambios sucedidos en otras épocas. Las narraciones de las Primeras Naciones y su cultura indican que, conforme cambiaban las condiciones en la tierra y el mar, los primeros pueblos del Norte adaptaron sus pautas de migración y de vida. Los pueblos septentrionales han

mantenido la continuidad y la creatividad culturales frente a un marcado cambio ambiental y social. Los asistentes redactaron una “declaración” que se difundió por Internet y se dirigió a los gobiernos y las autoridades responsables del medio ambiente, a investigadores y a organismos financieros.

La reunión de septiembre de 2005 en los Alpes italianos se celebró en la punta del profundísimo Lago Como. La excursión sobre el terreno llevó a los participantes a un enorme deslizamiento de tierras sucedido el año 1618 d.C. que destruyó el próspero pueblo de Piuro. La comunidad de mercaderes de la región, que habían emigrado anteriormente a toda Europa, escribió abundantemente sobre aquel suceso, lo que hizo que fuese muy conocido. Además, la ciudad moderna de Como ha sido edificada en un llano aluvial inestable que encierra graves riesgos de hundimiento y de tsunami, como han demostrado dos recientes deslizamientos de tierras submarinos. Ahora bien, a pesar de los esfuerzos de los científicos locales por sensibilizar a la comunidad con respecto a este peligro natural y la necesidad de elaborar planes de evacuación, se considera que el riesgo es demasiado remoto para tomárselo en serio. Se sabe que las reacciones de este tipo son uno de los principales obstáculos con que tropiezan los geocientíficos cuando comunican información a los políticos y las personas encargadas de adoptar decisiones localmente.

En septiembre de 2006, el taller de Luisiana se centró en el historial de huracanes de la zona. La excursión sobre el terreno consistió en una visita a Nueva Orleans para contemplar los daños infligidos por el huracán Katrina un año antes. Un geólogo expuso además pruebas “concretas” de la falta de conocimiento del sedimento subyacente y de las deficientes obras de ingeniería. Uno de los organizadores, cuya familia había sido evacuada de la ciudad, llevó a los participantes a la casa de sus suegros que, como en otras muchas zonas



de la ciudad, seguía sin servicios básicos un año después del suceso. Los grandes problemas del gobierno estadounidense para ayudar a la recuperación resultaban patentes.

La última reunión llevó a los científicos del PICG 490 a Java y Sumatra en agosto de 2007. Los participantes tuvieron la oportunidad de escalar lo que queda del Krakatau tras su erupción de 1883 y el tsunami concomitante. Los organizadores nos mostraron la asombrosa calidad del sistema de supervisión de la actividad sísmica y los planes de mitigación de tsunamis que ha instaurado en esa región el gobierno indonesio.

Como conclusión, diremos que los rápidos cambios ambientales que han sucedido en el pasado, algunos de ellos catastróficos, han supuesto el final de algunas civilizaciones antiguas, por ejemplo el abandono de Groenlandia por los noruegos hace 600 años y la decadencia de los mayas hace unos 1.100 años en Centroamérica, aunque no siempre provocaron el derrumbe de antiguas civilizaciones, pues cabe afirmar que hicieron surgir otras y así, por ejemplo, el desecamiento del Sahara abocó en la aparición de la civilización dinástica egipcia y las sequías que hubo en Mesopotamia hace unos 5.000 años alentaron el surgimiento de centros urbanos. Se ha afirmado que las primeras

sociedades de carácter estatal complejas y altamente organizadas surgieron en una época de creciente aridez en el cinturón monzónico mundial.

Es evidente que vivimos en un mundo que no cesa de cambiar y que se produce una recuperación si una sociedad es capaz de adaptarse a los cambios. En la actualidad, el ritmo cada vez más veloz de urbanización del planeta está obligando a la sociedad a concentrarse cada día más en mitigar los efectos de los cambios. Lamentablemente, no siempre sacamos provecho de las enseñanzas del pasado y con demasiada frecuencia apuntamos a la recuperación de la situación después de que se haya producido el desastre. A veces es necesario modificar algunos valores sociales fundamentales para aumentar nuestra capacidad de resiliencia ante los riesgos naturales.

La sucesión de varios factores ambientales y sociales negativos disminuirá la capacidad de resiliencia y adaptación de una sociedad. La falta de flexibilidad social y el efecto de “taladro” de las catástrofes acumuladas son componentes fundamentales de un colapso social catastrófico.

*Suzanne Leroy, Institute for the Environment,  
Brunel University, UK*



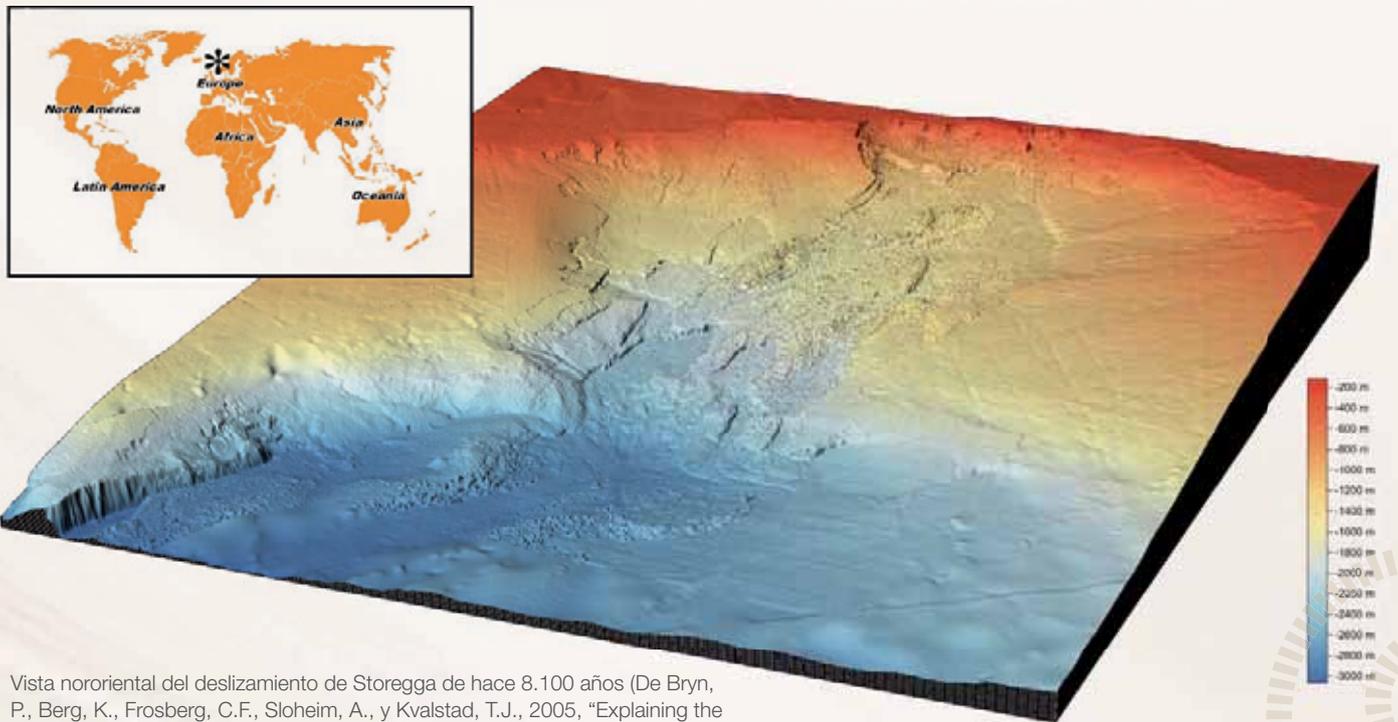
Bloques de coral de gran tamaño  
arrancados de un arrecife y transportados  
a la playa por el tsunami de Krakatau  
en1883. © Charlotte Miller



# PICG 511: Los movimientos en masa submarinos y sus consecuencias (2005-2009)

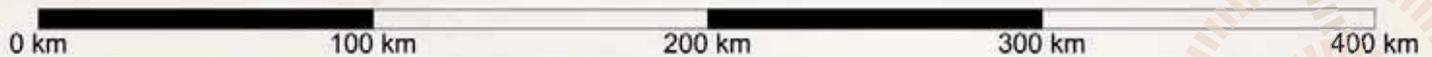
Los movimientos en masa subacuáticos se producen en casi todos los entornos del océano y los lagos, en los fiordos y a lo largo de la costa. Pueden tener volúmenes de hasta varios centenares de kilómetros cúbicos y normalmente son por lo menos de un orden de magnitud más grande que sus

homólogos en tierra. Se hallan en todo el registro geológico hasta el presente y los causan diversos mecanismos desencadenantes, entre ellos, los terremotos, la erosión, la disociación de los hidratos de gas, el diapirismo (un pliegue acusadamente vertical de las rocas) y la acción de las olas.



Vista nororiental del deslizamiento de Storegga de hace 8.100 años (De Bryn, P., Berg, K., Frosberg, C.F., Sloheim, A., y Kvalstad, T.J., 2005, "Explaining the Storegga slide", Marine and Petroleum Geology, 22: 11-19).

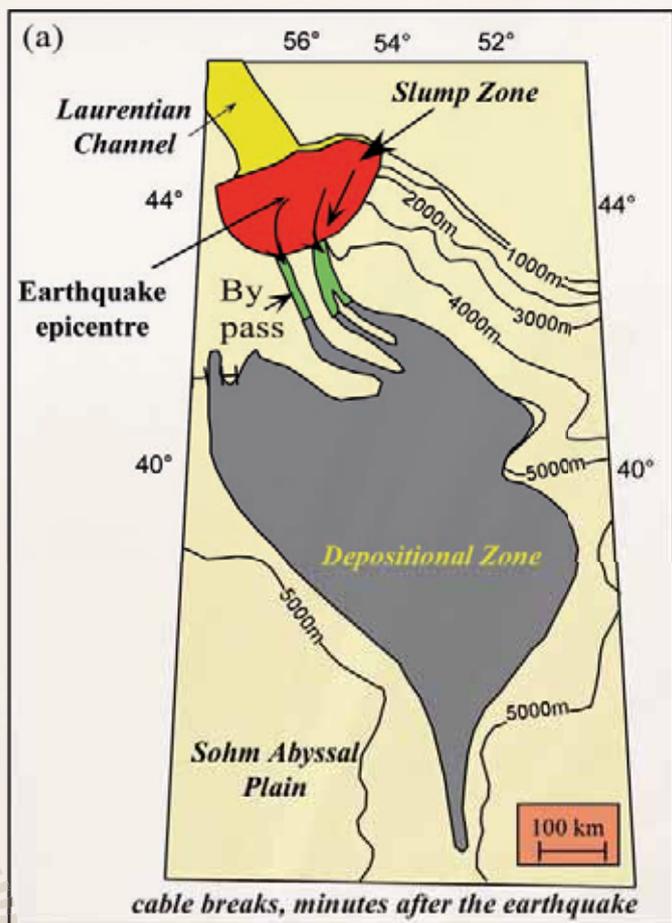
© Jacques Locat



Al igual que sus homólogos en la tierra, los movimientos en masa subacuáticos se deben a un desequilibrio entre las fuerzas de resistencia y las tensiones. Los daños causados pueden ser enormes, abarcando más de 1.000 km y poniendo en peligro los cables de comunicación submarinos y otras infraestructuras (oleoductos, pozos de perforación,

etc.), además de los hábitats de los peces y las comunidades costeras. También son la causa de cerca del 10% de los tsunamis observados.

Movimientos en masa subacuáticos de distintos tamaños y estilos han conformado el fondo del mar durante todo el tiempo geológico; su depósito desempeña ahora un



El deslizamiento y el tsunami de 'Grand Banks', en la costa de Terranova de Canadá. a) mapa que muestra la ubicación del punto de rotura del cable transatlántico dentro de la zona del deslizamiento (rojo); b) una gran goleta anclada a una casa de dos pisos (y un cobertizo anexo detrás), en el puerto de Little Burin, que flota directamente a popa de la goleta (A. Rufman, comunicación personal). (De Heezen, B.C., y Ewing, M., 1952, "Turbidity currents and submarine slumps, and the 1929 Grand Banks Earthquake", American Journal of Science, 250: 849-873). © Jacques Locat





Participantes en el tercer simposio del PICG 511 (Santorini, Grecia).  
© Jacques Locat



importante papel al controlar la ubicación de los reservorios de hidrocarburos. En la mejora de nuestra comprensión de los movimientos en masa submarinos y sus consecuencias, hay dos ejemplos que constituyen verdaderos hitos: el deslizamiento de los Grandes Bancos de 1929 y el de Storegga, que sucedió hace 8.100 años.

El 18 de noviembre de 1929, un terremoto de magnitud 7.3 sacudió los Grandes Bancos situados en el sureste de Terranova (Canada), desencadenando un enorme movimiento en masa submarinos (~150 km<sup>3</sup> de volumen); generó un tsunami que devastó un pueblecito en Terranova y causó la muerte de 27 personas. La corriente de turbidez que causó el deslizamiento rompió cables submarinos a una distancia de hasta 1.000 km. En 1998 se produjo en Papua Nueva Guinea un suceso similar que causó más de 2.000 víctimas.

El gran deslizamiento de Storegga, muy anterior, afectó a un volumen total de 2.500 km<sup>3</sup> y acabó con unos 300 km del margen continental noruego. Aquella fractura masiva generó un tsunami, del que se registraron efectos tan al sur como la costa oriental de Escocia. Situado sobre uno de los grandes yacimientos de gas del Mar de Noruega, el deslizamiento de Storegga fue objeto de una investigación exhaustiva de un movimiento en masa submarinos, en la que se aplicó una metodología multidisciplinaria que abarcó desde las ciencias de la Tierra a la ingeniería.

Esos casos ejemplares muestran claramente que la investigación de los movimientos en masa subacuáticos tiene evidentes consecuencias sociales: representan un grave riesgo geológico por las posibilidades que encierran de destrucción de construcciones cercanas a la orilla, las instalaciones costeras, la vida en el fondo del mar y las estructuras que descansan en el lecho marino aguas adentro. Los deslizamientos submarinos pueden desencadenar

tsunamis y expulsar gas metano en el agua del mar y la atmósfera.

El PICG 511 se inició como actividad comunitaria dimanante del primer Simposio internacional sobre los movimientos en masa submarinos y sus consecuencias (ISMTC), celebrado en Niza (Francia) en 2003; coincidió con la conclusión del proyecto COSTA (Continental Slope sTAbility), una investigación internacional de los movimientos en masa submarinos. Desde entonces, el PICG 511 ha promovido muchos talleres y conferencias, entre otras la continuación de la serie de ISMTC, así como sus conferencias bienales en Oslo (2005), Santorini (2007) y Austin, Texas (2009). Solo esas conferencias han dado lugar a más de 220 trabajos revisados por pares que se han publicado (y que además se pueden leer en formato electrónico). La serie de conferencias ISMTC ha proseguido en el marco del proyecto en curso (2011) PICG 585 E-MARSHAL. Los diversos simposios del PICG 511 gozaron del firme apoyo, expresado de múltiples maneras, de varias organizaciones industriales, gubernamentales y no gubernamentales.

Este proyecto del PICG ha aportado una perspectiva mundial a los movimientos en masa submarinos y sus consecuencias. El proyecto concitó un amplio abanico de investigaciones, que abarcaron estudios fundamentales y de lugares concretos de muchas partes del mundo, comprendidos los océanos Atlántico y Pacífico, los mares interiores como el Mediterráneo, los fiordos y los lagos, utilizando las tecnologías más recientes, desde la obtención de imágenes por sonar de múltiples haces y las imágenes tridimensionales de los fenómenos sísmicos a la elaboración de modelos de la estabilidad de las laderas y la evolución posterior a las fracturas y la generación, la propagación y el período previo de los tsunamis. También ha actuado de foro único en el que



se han puesto de relieve la diversidad y la complejidad de la geomorfología y la geología del medio subacuático.

Uno de los diversos objetivos del PICG 511 era hacer progresar la ciencia mediante la creación de redes de científicos e ingenieros de todo el mundo gracias al apoyo a sus reuniones y conferencias, para lo cual consagró un elevado porcentaje de su presupuesto a la participación activa de estudiantes. Se alcanzó esa meta reuniendo a más de 150 científicos de 17 países y prestando apoyo financiero a varios estudiantes e investigadores de países en desarrollo. El PICG 511 desempeñó un papel decisivo en conseguir que se incluyera el tema de los riesgos geológicos marinos en el plan científico del Programa Integrado de Perforaciones Oceánicas (IODP). También dio apoyo a proyectos del IODP encaminados a comprender el papel de las corrientes de aguas subterráneas en el inicio de los movimientos en masa submarinos.

Basándose en nuestros cinco años de trabajo cooperativo en torno a los movimientos en masa submarinos en el marco del PICG 511, se han alcanzado progresos de importancia en el

estudio de varios temas importantes: las corrientes de agua subterránea a lo largo de los márgenes continentales y las inestabilidades de las laderas, los deslizamientos de tierras y los tsunamis, las imágenes tridimensionales de sucesos sísmicos que ponen de manifiesto deslizamientos de tierras paleosubmarinos y los mecanismos de transición de la ruptura de las laderas a la evolución posterior a esa ruptura.

En resumen, el apoyo constante de la UNESCO y la UICG ha impulsado enormemente el progreso de nuestro conocimiento de los movimientos en masa submarinos y de sus consecuencias. Ese apoyo ha facilitado un marco excepcional con el que establecer una sólida red de investigación en beneficio de la sociedad.

***Jacques Locat**, Laboratoire d'études sur les risques naturels, Department of Geology and Geological Engineering, Laval University, Québec, Canada;*  
***Juergen Mienert**, Department of Geology, University of Tromsø, Norway; **Roger Urgeles**, Institut de Ciències del Mar (CSIC), Spain*

# PICG 567: Terremotos de la Antigüedad (2008-2012)

Es normal que a intervalos de siglos a milenios se produzcan a lo largo de fallas terremotos que causan estragos, pero solo desde hace más o menos un siglo disponemos de instrumentos capaces de registrarlos. Para disminuir la

amenaza de los terremotos, necesitamos un registro más prolongado que el que nos han proporcionado esos instrumentos. Las pruebas arqueológicas pueden revelar la existencia de actividad sísmica en períodos que abarcan



Pauta típica de daños estructurales causados por un terremoto: rodajas dislocadas de una columna del Templo de Afrodita en la ciudad romana de Afrodisias (suroeste de Turquía), cerca de la ciudad moderna de Geyre, al oeste de Denizli. © Manuel Sintubin





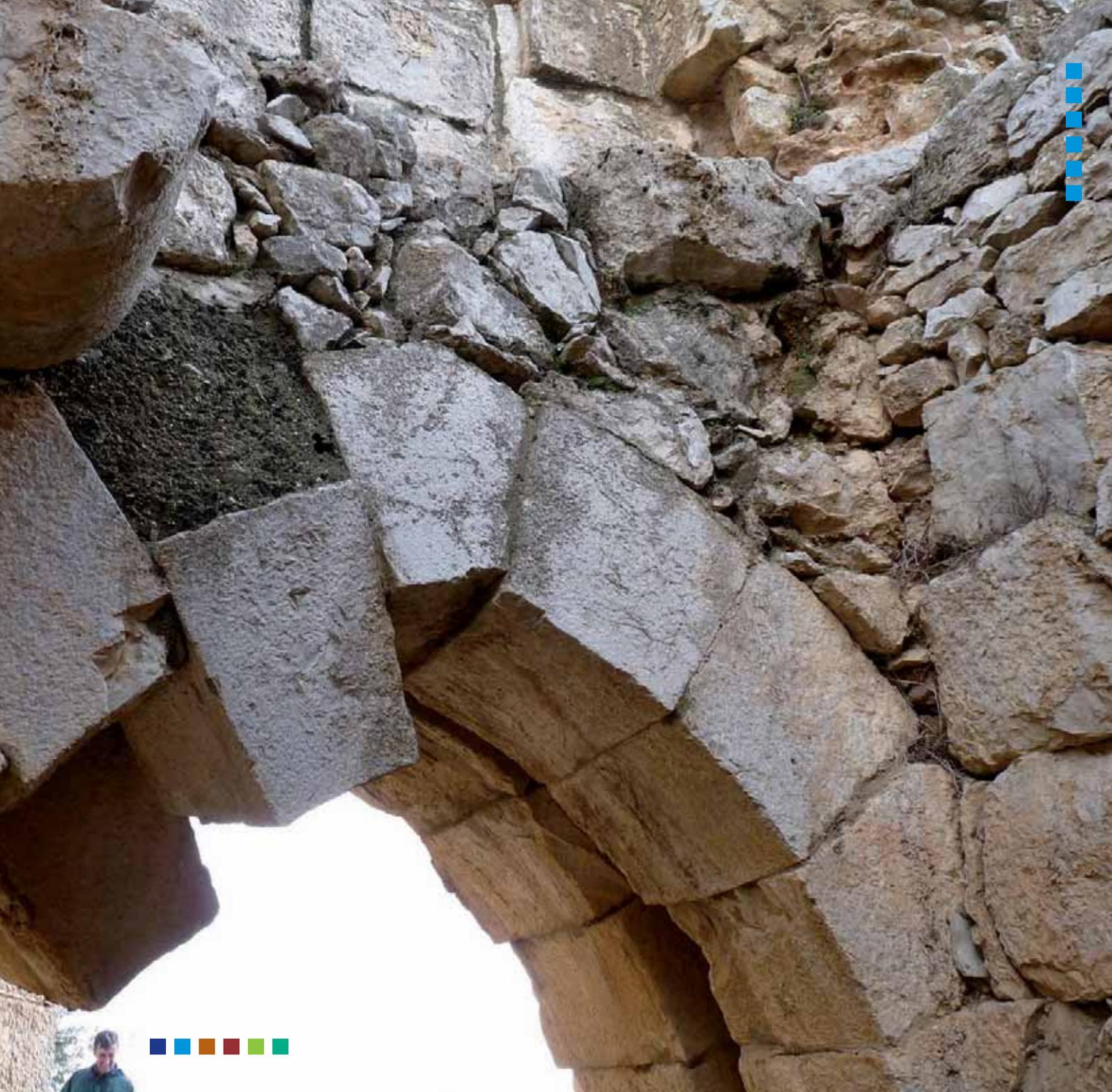
Pauta típica de daños estructurales causados por un terremoto: la piedra angular caída en el arco de una puerta cerca de la Puerta Bizantina de la ciudad romana de Hierápolis en el suroeste de Turquía, cerca de la moderna ciudad de Pamukkale, en el noreste de Denizli. © Manuel Sintubin

Pauta típica de daños estructurales causados por un terremoto: dovelas caídas de un arco de la fortaleza medieval de Nimrod, o Kal'at Al-Subayba, en Los Altos del Golán. © Manuel Sintubin

milenios, sobre todo si las integramos con documentos históricos y pruebas geológicas. El proyecto PICG 567 del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra sobre la arqueología de los terremotos tiene por objeto demostrar que las pruebas arqueológicas pueden hacer una valiosa contribución a las evaluaciones de los riesgos sísmicos a largo plazo en las regiones propensas a terremotos en que existe un patrimonio cultural antiguo y duradero.

Aunque la arqueosismología (el estudio de los antiguos terremotos por medio de los indicadores que permanecen en el registro arqueológico) tiene un historial que se remonta a las excavaciones precursoras de Schliemann en Troya, Evans en Cnosos y Schaefer en Ugarit a finales del siglo XIX y principios del XX, esta es, esencialmente, una disciplina joven y pujante que algunos sismólogos





han acogido con mucha reserva. Muchos de ellos ponen en tela de juicio que fenómenos culturales se utilicen, con fiabilidad, como indicadores de terremotos. Entre otros, se utilizan, por ejemplo, elementos patrimoniales afectados (las construcciones desplazadas por la ruptura en la superficie, por ejemplo, los viaductos), los daños estructurales sufridos por los edificios, las señales de reparaciones, las narraciones históricas y los mitos.

Ahora bien, el problema con el que tropiezan los profesionales de los riesgos sísmicos es que el registro de terremotos obtenido con sismógrafos es demasiado breve y el registro histórico es demasiado incompleto. Los catálogos históricos solo registran un porcentaje minúsculo de las sacudidas de fuerza considerable que han golpeado a una región a

lo largo de siglos y milenios; esas “poblaciones” faltantes en los registros de los terremotos atenúan el valor de las evaluaciones fiables de los riesgos sísmicos, pero el registro arqueológico puede reforzar y acrecentar ese archivo histórico. Más aún, al ampliar el registro de los terremotos más allá de las fuentes escritas, la arqueosismología hace de puente entre la sismología basada en instrumentos y la sismología histórica, por un lado, y la paleosismología y la geología de los terremotos, por otro. Solo la integración de todas las posibles pruebas de terremotos del pasado nos permite hacer progresar nuestra comprensión de la compleja historia de los terremotos de una región. La arqueosismología puede ser una fuente legítima y complementaria de información sobre los riesgos sísmicos.

Miembros del PICG 567 visitan la ciudad nabatea de Petra en Jordania. Han sido fotografiados sobre las rodajas imbricadas de una columna del Gran Templo caída al suelo, probablemente a causa de un antiguo terremoto. © Manuel Sintubin



Lo que impide que la arqueosismología sea una disciplina científica madura es su carencia de una metodología rigurosa y transparente. Hasta la fecha, muchos profesionales han propuesto planes para codificar las investigaciones arqueosismológicas, pero como en la mayoría de los casos esos planes se han concebido a partir de una sola disciplina científica y adolecen de no tomar en cuenta el problema principal de la arqueosismología, a saber, el carácter interdisciplinario de las pruebas que debe analizar. La arqueosismología requiere los conocimientos especializados de historiadores, antropólogos, arqueólogos, geólogos, sismólogos, geofísicos, arquitectos e ingenieros de estructuras. Integrar los principios y las prácticas de una gama tan amplia de disciplinas es el mayor reto y el principal atractivo de la arqueosismología.

El PICG 567 hizo frente a ese reto no solo agrupando a los principales profesionales del mundo en arqueosismología sino, además, ampliando aquel núcleo con científicos jóvenes y en ciernes, e integrando nuestras actividades con los profesionales de la paleosismología y con la sismología histórica y sismología instrumental. Con nuestros colegas del grupo especializado en paleosismología y tectónica activa de la (INQUA) Unión Internacional para la Investigación del Cuaternario, el PICG 567 inició una nueva tradición de talleres conjuntos sobre el terreno, el primero de los cuales se organizó en 2009 en el yacimiento arqueológico de Baelo Claudia (Bolonía, Cádiz) en el sur de España; el segundo se celebró en 2011 en Corinto (Grecia), y se han previsto un tercero en 2012 en Morelia (México) y un cuarto en 2013 en Aquisgrán (Alemania).

La confrontación de ideas en esos talleres ha elevado definitivamente la disciplina a un nivel que hace que ahora se considere que las pruebas arqueosismológicas son una

fuerza complementaria de datos sobre terremotos en todo el abanico de enfoques de las ciencias sismológicas. Durante el período abarcado por el PICG 567, han madurado más los principios y las prácticas arqueosismológicas al estrechar su relación con otras disciplinas de las ciencias sismológicas. Esos esfuerzos en pro de la integración se expresan claramente en los trabajos publicados y ofrecen una muestra de la complejidad a que se enfrentan los arqueosismólogos. Está previsto publicar en 2012 un nuevo libro de texto sobre arqueosismología, que constituirá un legado duradero del PICG 567. El vigor de esta nueva comunidad (muy activa en los medios de comunicación social: [paleoseismicity.org](http://paleoseismicity.org)) también ha aumentado la notoriedad de nuestra labor, no solo en la comunidad científica, sino también entre un amplio público. El PICG 567 se convirtió en un incentivo para que interviniera nuestra comunidad en actividades de comunicación y divulgación sobre ciencias de la Tierra destinadas a las comunidades locales en cada uno de los talleres sobre el terreno y asimismo a diversos medios de comunicación internacionales.

Hemos determinado que la región Alpina-Himalaya es el laboratorio ideal. La cadena Alpina-Himalaya ofrece especial interés porque alberga algunas de las civilizaciones más antiguas del mundo, motivo por el cual cabría esperar que tuviese los signos más claros de pruebas culturales de antiguas catástrofes sísmicas. Originalmente, se “injetaron” los sucesos arqueosismológicos en las investigaciones en el Mediterráneo oriental y el Oriente Medio, consagradas en gran medida a detectar los daños estructurales ocasionados a los edificios monumentales. Conseguimos extraer la arqueosismología de su “cuna mediterránea” y ampliar nuestros centros de interés a “nuevos territorios” que comparten un entorno sismotectónico comparable y un





Pauta típica de daños estructurales causados por un terremoto: series alineadas de columnas caídas de la catedral bizantina (Iglesia Suroriental) de la ciudad grecorromana de Hipos (Susita), con vista al lago de Galilea (Altos del Golán).  
© Manuel Sintubin



contexto cultural e histórico contiguo. El PICG 587 promovió nuevos “puntos germinales” de futuras investigaciones arqueosismológicas en China, la India y la República de Corea y otros países de Asia central y suroriental, con lo que abrió nuevas oportunidades de utilizar yacimientos arqueológicos ya excavados como “seismoscopios” antiguos.

Hay un ámbito más amplio de aplicación de nuestras actividades, porque tienen claramente importantes beneficios sociales. Como puso de manifiesto el derrumbe de la espléndida ciudadela antigua de Bam, el mayor edificio de adobe del mundo y Sitio del Patrimonio Mundial, durante el devastador terremoto que sacudió esa antigua ciudad iraní, los sitios del patrimonio cultural están amenazados de destrucción por terremotos. Hay una clara necesidad, cada día mayor, de comprender cómo reaccionan los edificios y monumentos antiguos cuando se abre y tiembla el suelo. Nuestra labor también contribuye a nuestra comprensión de la historia antigua, al dilucidar porqué algunas ciudades fueron abandonadas o por qué decayeron sociedades que habían alcanzado la madurez, y al afrontar la cuestión del perdurable atractivo de las líneas de falla que llevan a los

pueblos, lo mismo antiguos que modernos, a asentarse a lo largo de zonas de peligro persistente. Al poner de relieve cómo hicieron frente sus antepasados a los terremotos, la arqueosismología debería desempeñar un papel clave en el fomento de una mejor preparación ante los terremotos de las comunidades modernas que se hallan igualmente amenazadas. Al respecto, el legado que dejará el PICG 567 será una sólida comunidad de profesionales bien dispuestos hacia la arqueosismología, que propugnan un enfoque global que en último término contribuirá a que se instaure una cultura sísmica esencial en la región Alpina-Himalaya, en la que cada cierto tiempo se debe afrontar una inevitable catástrofe de origen sísmico.

***Manuel Sintubin**, Department of Earth & Environmental Sciences, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium; **Iain Stewart**, School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Plymouth University, UK; **Tina M. Niemi**, Department of Geosciences, University of Missouri-Kansas City, US; **Erhan Altunel**, Department of Geological Engineering, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Turkey*



An aerial photograph of a dry, hilly landscape with a complex network of small, winding channels and rivers, illustrating the hydrogeological cycle. The terrain is rugged and brownish, suggesting arid or semi-arid conditions. The channels are light-colored, possibly due to mineral deposits or dry earth.

# Hidrogeología: las geociencias del ciclo del agua

La vida en la Tierra depende del agua, cuyo consumo sostenible es crucial para la continuación de la existencia humana. Los recursos hídricos de la Tierra comprenden las aguas superficiales y subterráneas, el agua de los océanos y el hielo. El estudio del agua de la Tierra requiere comprender y administrar los sistemas de aguas superficiales y subterráneas, incluyendo de sus fuentes, contaminación y vulnerabilidad, así como la historia de esos sistemas.



# PICG 415: El proyecto GRAND – Glaciación y reorganización de la red de drenaje de Asia (1997-2001)

Las grandes glaciaciones ocurridas en los últimos 2,6 millones de años, durante el período Cuaternario de la Tierra, no solo sepultaron repetidas veces bajo el hielo, durante miles de años, los paisajes de latitudes elevadas y grandes alturas, sino que además tuvieron enormes consecuencias en los sistemas de drenaje continentales, represando los ríos que fluyen hacia el Norte y embalsando lagos a lo largo de sus márgenes meridionales. Los glaciares de las tierras altas de Asia también se expandieron y contrajeron, influyendo en los patrones de la meteorología continental y en el clima de la región, así como en los valles situados detrás de las montañas. La comprensión de esos sucesos glaciales del pasado puede ayudarnos a evaluar las posibles repercusiones que tendrá la fusión de los glaciares modernos en el clima futuro en un mundo que se recalienta globalmente, porque se sabe que las aguas dulces pueden influir en la circulación paleoocéanica, y ésta, a su vez, en el clima. Teniendo esto presente, se elaboró una propuesta de proyecto para investigar las glaciaciones y el drenaje en el pasado en Asia.

La amplitud del proyecto propuesto exigía un esfuerzo internacional y multidisciplinario. Se estableció contacto con destacados estudiosos del Cuaternario de Europa y Asia y con investigadores experimentados de América del Norte que habían estudiado y cartografiado situaciones comparables y elaborado modelos de las mismas. La propuesta consiguiente, “Glaciación y reorganización de la red de drenaje de Asia” (GRAND), fue aceptada como proyecto 415 del PICG y se puso en marcha en 1997, bajo la dirección de este autor,

junto con Rein Vaikmae (Estonia) y Nat Rutter (Canadá) en calidad de secretario del proyecto.

Los principales objetivos del proyecto GRAND eran estudiar la amplitud y la duración de la glaciación del Cuaternario superior en Asia y las consecuencias que tuvo en el sistema de drenaje del continente, cuestión que se había determinado que era una de las más importantes y todavía no resuelta que planteaba el cambio global, porque los modelos combinados océano-atmósfera han demostrado la gran influencia que una gran cubierta de hielo sobre los continentes puede tener en la circulación atmosférica y cómo el agua dulce de las placas de hielo que se derriten puede influir en la circulación oceánica y en el clima. Si, como había sucedido en América del Norte, los sistemas fluviales que fluyen hacia el Norte y que desembocan en el Océano Ártico hubiesen sido represados por las placas de hielo, los ríos asiáticos se habrían visto obligados a buscar nuevas rutas al sur a través de los mares de Aral, Caspio, Negro y Mediterráneo. Ese viraje habría hecho que gran parte de la escorrentía de Asia que desemboca en los océanos lo hubiese hecho en el Océano Atlántico en lugar del Ártico como es el caso actualmente.

Se crearon los siguientes siete Grupos de Trabajo (con sus respectivos directores): La glaciación en la meseta del Tibet (Lewis Owen, EE.UU.); El drenaje de la meseta tibetana (Frank Lehmkuhl, Alemania); El registro del Océano Ártico eurasiático (Leonid Polyak, EE.UU.); El permafrost y el hielo del suelo en Asia (Nikolai Romanovsky, Federación de Rusia);

la glaciación en Asia (Valery Astajov, Federación de Rusia; Julie Brigham-Grette, EE.UU.); Los lagos proglaciales y los sistemas de drenaje en Siberia (Vic Baker, EE.UU.); y la elaboración de modelos de las placas de hielo, los océanos y el clima (Andrew Bush, Canadá). Participaron en el proyecto GRAND los 18 siguientes países: Alemania, Brasil, Canadá, China, Estados Unidos de América, Estonia, Federación de Rusia, Francia, India, Italia, Japón, Letonia, México, Mongolia, Noruega, Polonia, Reino Unido y Suecia. Todos los Grupos de Trabajo se reunieron anualmente, en Estonia (1997), la India (1998), los EE.UU. (1999), la Federación de Rusia (2000) y Alemania (2001); los diferentes Grupos de Trabajo celebraron otras muchas reuniones.

Durante el transcurso del proyecto PICG 415, éste interactuó con los proyectos QUEEN (El medio cuaternario del Norte eurasiático, con Astajov como científico de enlace); RAISE (Iniciativa Ruso-Estadounidense sobre el Máximo Glacial en la tierra de la plataforma, con Brigham-Grette como científico de enlace); GLOCOPH (Paleohidrología continental mundial); APARD (La descarga de los paleorríos del Ártico); PICG 396 (Las plataformas continentales en el Cuaternario) y PICG 464 (Las plataformas continentales durante el último ciclo glacial) y con la Comisión Internacional del Permafrost, convocando diversas reuniones conjuntas y celebrando sesiones especiales en algunas de sus reuniones. Esos vínculos de colaboración entre el PICG 415 y otros proyectos fueron valiosísimos y son una característica habitual de este Programa tan especial de la UNESCO y la UICG.

Los estudios del GRAND, comprendidos los relativos a la génesis, la paleofauna y la paleoflora en depresiones con el permafrost en fase de derretimiento, las características criogénicas (congelación-deshielo) distintivas y la composición isotópica y química del hielo, confirmaron los resultados de QUEEN de que el último período de glaciación no cubrió la



Aguja de hielo y canal de agua de deshielo supraglacial del glaciar de Baltoro, en los Montes de Karakoram, Norte de Pakistán. De unos 58 km de longitud, el Baltoro es uno de los glaciares más largos fuera de las regiones polares. Avanza a partir de las laderas de cuatro de las catorce montañas de más de 8.000 m de altitud del mundo (el K2, 8.611 m por encima del nivel del mar; el Gasherbrum 1, 8.068 m; el Broad Peak, 8.047 m, y el Gasherbrum II, 8.035 m); sus aguas del deshielo alimentan los ríos Braldu y Shigar, afluentes del río Indo, el cual desemboca en el Mar Árabe. © Lewis Owen

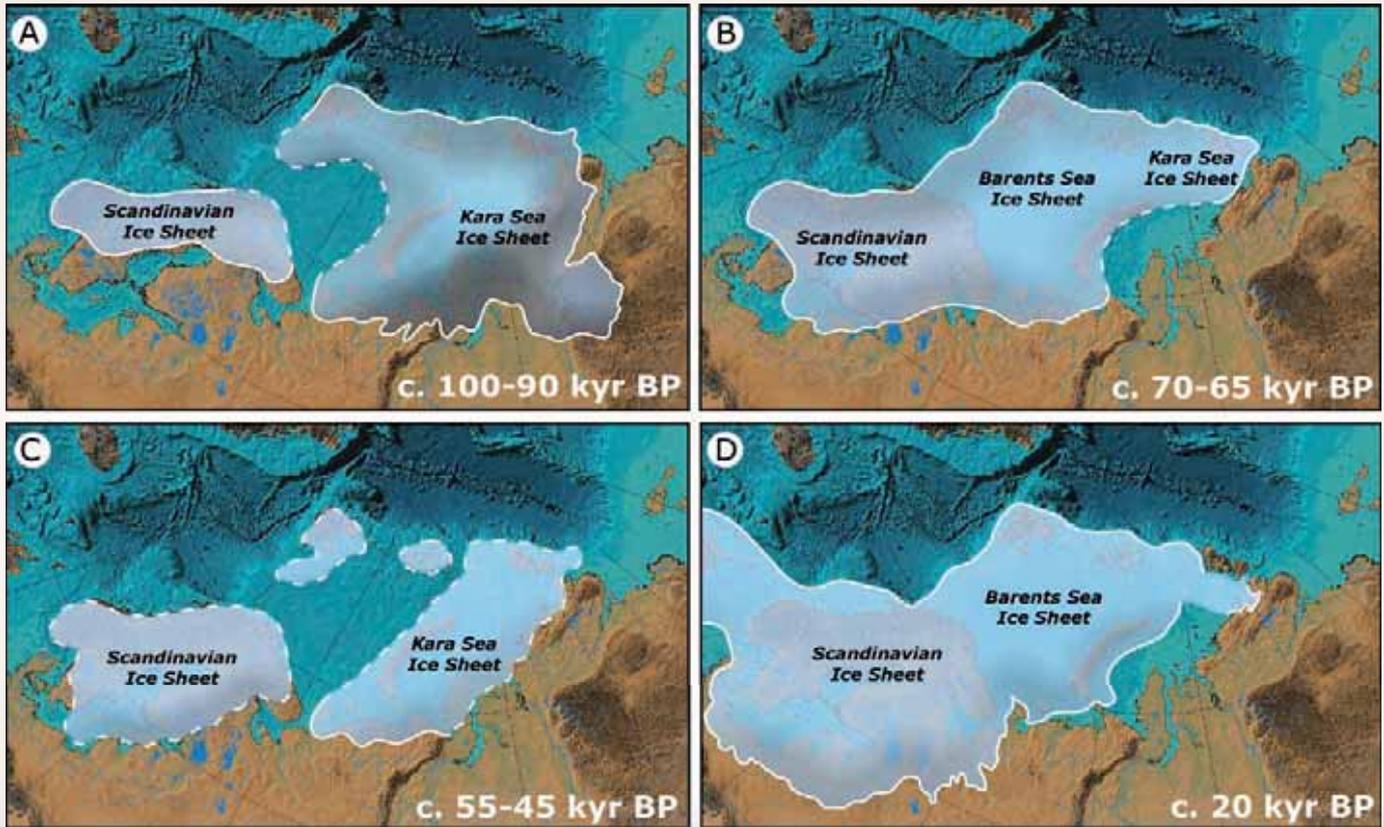
plataforma del Océano Ártico y las tierras bajas costeras al este de los Montes Urales, y de que los ríos de Asia siguieron desembocando en el Océano Ártico durante aquel período glacial. Las muestras tomadas mar adentro y los registros sísmicos de la cuenca del Océano Ártico, estudiados por el Grupo de Trabajo del PICG 415 sobre el registro del Océano Ártico eurasiático, combinados con los registros continentales, también indican que la última glaciación tuvo una amplitud algo limitada; en cambio, indican que la glaciación anterior fue más extensa y que probablemente represó y desvió a los mares de Aral, Caspio y Negro el curso hacia el sur de ríos siberianos. El Grupo de Trabajo sobre lagos proglaciales y sistemas de drenaje de Siberia estudió los grandes valles de Asia Central que antaño llevaban el agua de deshielo de las regiones septentrionales heladas a esos mares meridionales, en dirección contraria a lo que sucede hoy día. La constatación de que el último período de glaciación del Cuaternario no invirtió el curso de los ríos que fluían hacia el Norte en Asia nos llevó a extraer la conclusión de que el agua dulce de esa región no influyó en la circulación oceánica, ni desempeñó un papel de importancia en el cambio climático en aquel entonces.

Una importante tarea del proyecto 415 del PICG fue el estudio de la amplitud y la cronología de la glaciación en las regiones

más altas de Asia (Himalaya y Tibet), que llevaron a cabo tres Grupos de Trabajo. Los registros de China y del Norte de la India aportaron testimonios paleoclimáticos especialmente largos y de elevada calidad respecto al cambio, y además reflejan los controles orbitales del clima y otras influencias más regionales como el levantamiento de la Meseta Tibetana. En la circulación oceánica mundial influyeron entonces las lluvias y los aportes de agua dulce de los glaciares que se derretían en el Himalaya. Se integró la elaboración de modelos combinados de la atmósfera y del hielo, que comprende los modelos radiativos y el papel que desempeña la topografía, integrados en un modelo de la circulación mundial (MCM). El proyecto 415 del PICG permitió alcanzar una clara comprensión del papel de la glaciación en las regiones más altas de Asia en el control de las precipitaciones por medio de cambios en el cinturón monzónico.

Se han publicado datos, análisis y conclusiones del proyecto 415 en forma de docenas de artículos de revistas, centenares de resúmenes y varios números extraordinarios de revistas científicas.

*James Teller, Department of Geological Sciences,  
University of Manitoba, Manitoba, Canada*



Reconstrucción de las láminas de hielo del Pleistoceno superior eurasiático (Weichseliense, hace aproximadamente entre 100.000 y 20.000 años) en cuatro fases. No se incluyen los lagos represados por el hielo en el borde del glaciar. Tomado de Larsen et al. (2006) con la amable autorización del autor principal (Larsen, E., Kjaer, K.H., Demidov, I.N., Funder, S., Grosfjeld, K., Houmark-Nielsen et al. 2006, "Late Pleistocene glacial and lake history of Northwestern Russian Federation", *Boreas* 35: 394-424). © Eiliv Larsen

PICG 299, 379, 448, 513, 598: Actividades mundiales encaminadas a comprender la naturaleza de los sistemas kársticos: más de dos decenios con el PICG (1990-2015)



El paisaje y los sistemas acuíferos kársticos se forman en el seno de suelos compuestos por rocas especialmente solubles, como la caliza, dolomita y yeso, en que grandes ríos subterráneos discurren a través de cavernas que han disuelto las aguas freáticas. Se han formado sistemas kársticos en esas rocas en aproximadamente el 15% de la superficie terrestre del planeta y despliegan espectaculares modelados de los terrenos. Los paisajes kársticos abarcan desde los suelos llanos y pelados de la meseta de Burren, en el oeste de Irlanda, hasta las planicies onduladas de depresiones semejantes a cuencos llamadas dolinas y las espectaculares cumbres kársticas que flanquean el río Li en el sureste de China en un paisaje tan icónico que hasta figura en los billetes de banco de 20 RMB de China.

El término karst (o carst) procede de una palabra eslava krs o kras (que significa yermo) y su origen está en la frontera entre la actual Eslovenia e Italia, donde hay espectaculares cavernas, ríos subterráneos y grandes depresiones cerradas. Allá nació la geomorfología kárstica moderna gracias a la labor del geógrafo serbio Jovan Cvijić a principios del siglo XX, y la palabra karst acabó por convertirse en un término descriptivo genérico internacional de este tipo de paisajes en todo el mundo.

En las regiones kársticas se producen graves problemas ambientales. Se calcula que entre el 20% y el 25% de los seres humanos obtienen agua potable directa o indirectamente de acuíferos kársticos, pero hay problemas con la calidad del agua y con el acceso a ella, porque normalmente discurre bajo tierra y por lo tanto no abunda en la superficie.

Además, el derrumbe de los huecos subsuperficiales puede causar daños estructurales y, en ocasiones, pérdidas de vidas.

Habida cuenta de la belleza, la complejidad, los problemas y las lagunas de nuestros conocimientos y de la difusión mundial de los sistemas kársticos, cabía esperar que se agrupasen científicos de todo el mundo para organizar proyectos bajo la “cúpula” del PICG. En 1990 se inició el primero de los cinco proyectos, el PICG 299: Geología, clima, hidrología y formación del karst. Esa labor mejoró grandemente la comunicación internacional entre los científicos estudiosos del karst del mundo y sintetizó el progreso conforme al espíritu del objetivo original del PICG: establecer relaciones recíprocas mundiales, no solo entre científicos, sino entre los paisajes y los propios sistemas. En los 16 capítulos del informe final del PICG 299, redactado por autores de 15 países y titulado Global Karst Correlation (Correlación Global del Karst), se describen la evolución, la estructura y el comportamiento de los sistemas kársticos en los climas ártico, templado, tropical, mediterráneo y otros en los que influye un amplio abanico de situaciones geológicas.

Los resultados científicos (obtenidos con los auspicios de la UNESCO y la UICG) se describen en ese informe y comprenden los alcanzados por los cinco proyectos del PICG sobre la cuestión, más un importantísimo fruto de esos proyectos: la creación en 2008 del IRCK, el Centro Internacional de Investigación sobre el Karst (Centro UNESCO de categoría 2), con sede en el Instituto de Geología del Karst de la Academia China de Ciencias.

Proyecto	Título	Duración
PICG 299	Geología, clima, hidrología y formación del karst	1990-1994
PICG 379	Los procesos kársticos y el ciclo global del carbono	1995-1999
PICG 448	La correlación mundial de la hidrogeología kárstica y los ecosistemas significativos	2000-2004
PICG 513	Estudio mundial de los acuíferos y los recursos hídricos kársticos	2005-2010
PICG/SIDA 598	El cambio ambiental y la sostenibilidad en los sistemas kársticos	2011-2015

## ¿Cómo ha hecho progresar el PICG las investigaciones sobre el karst?

Al igual que sucede con otros proyectos del PICG, la labor que aquí se describe ha sido iniciada y llevada a cabo por científicos y laboratorios de todo el mundo, pero la intervención del PICG ha multiplicado considerablemente sus repercusiones. En primer lugar, se ha generado una notable sinergia gracias a la interacción de los diferentes científicos (en algunos casos, deliberada; en otros, por casualidad) durante unas 30 conferencias celebradas en distintos lugares del mundo que tuvieron el apoyo de los proyectos del PICG sobre el karst. Aunque cualquier conferencia de esa índole se concentra inevitablemente en las exposiciones técnicas de nuevos resultados, otro resultado asimismo inevitable se produce cuando los científicos se encuentran en las excursiones sobre el terreno, a las horas de los almuerzos y en las pausas para tomar café. Eso es lo que el PICG hace mejor; en esas conversaciones informales han surgido muchas ideas nuevas y oportunidades prometedoras.

Muchísimas excursiones sobre el terreno en los mayores lugares kársticos del mundo organizadas a través del PICG también han tenido un efecto de sinergia. Al viajar por (y en este caso, a veces bajo) esos paisajes icónicos, conducidos por los principales expertos locales, hemos aprendido acerca de los sistemas kársticos al compararlos, añadiéndolos a nuestra experiencia y observando las características que comparten y sus diferencias. Cuando se las examina minuciosamente, el conocimiento extraído de esas diferencias mejora nuestra comprensión de las semejanzas y las características comunes que se pueden ver en terrenos kársticos de todo el planeta; así pues, adquirimos una apreciación más profunda de la naturaleza básica, fundamental, de los sistemas kársticos.

# Las contribuciones científicas y sociales de los proyectos del PICG sobre el karst

Aquí ponemos de relieve las principales aportaciones técnicas a que ha dado lugar la labor de los proyectos del PICG sobre el karst. Se han alcanzado progresos muy importantes en nuestra comprensión y cuantificación de los procesos del

sistema dinámico del karst, un marco conceptual útil para entender cómo funcionan los sistemas kársticos y cómo interactúan con ellos los sistemas hidrológico, químico, biológico y humano.

## Mejora de la interpretación de los registros que encierran los sistemas kársticos

En las regiones kársticas, las galerías, los sedimentos y otras características se conservan en las profundidades rocosas durante largos períodos y de ese modo pueden estar protegidos durante millones de años (y ser interpretados en su momento por los científicos).

Estudiar los climas del pasado es esencial para entender la dinámica del cambio climático, algo de especial importancia ahora a causa de los evidentes efectos de las actividades humanas y sus posibles costos. Desde hace varios decenios, está en curso una investigación encaminada a hallar los registros del clima del pasado que contienen los sistemas naturales, los cuales se encuentran de diversas formas en cavernas. Por ejemplo, los minerales de las estalactitas (los “carámbanos” de piedra que cuelgan de los techos de las cavernas) y otras formaciones similares contienen información

química que registra los climas que hubo en el pasado en la región en torno a la caverna. Un ejemplo muy ilustrativo fue publicado en la revista Science por un equipo internacional durante el PICG 448; sus miembros interpretaron registros de los monzones asiáticos durante un período de 160.000 años a partir de estalagmitas recogidas en la Caverna de Dongge, en la provincia china de Guizhou.

El PICG ha impulsado esta labor fomentando la coordinación internacional de la interpretación de esa información. Naturalmente, los registros del clima dentro de una caverna representan las condiciones existentes solo en ese lugar y, hasta que no se comparen muchos de esos registros, no se podrán entender las pautas espaciales y temporales del cambio climático en el pasado.

## La geoquímica de los sistemas kársticos y su importancia general

El estudio de la evolución de los sistemas kársticos se basa en comprender detalles de las interacciones entre las aguas naturales y las rocas que disuelven. Se ha estudiado intensamente la química y se han publicado datos y presentado informes en conferencias patrocinadas por el PICG, lo que ha permitido a los científicos efectuar grandes progresos en la comprensión de cómo se forman los paisajes y acuíferos kársticos.

Una ampliación de esta labor, en la que científicos adscritos al PICG han hecho aportaciones particularmente importantes, se abordó por primera vez en el Proyecto 379: Los procesos kársticos y el ciclo global del carbono. Cuando se disuelve la caliza en las regiones kársticas, se retira gas  $\text{CO}_2$  de la atmósfera. El consiguiente sumidero (término empleado aquí en oposición a fuente) de  $\text{CO}_2$  atmosférico repercute en las concentraciones de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, que han desempeñado un papel en el cambio climático inducido por los seres humanos. Se ha prestado relativamente escasa atención a los pormenores de esas interacciones entre el agua y las rocas a causa de la existencia en los océanos de una fuente relacionada químicamente que se ha dado por supuesto que, en períodos largos, ejercía una acción de equilibrio. Ahora bien, esos procesos pueden resultar o no equilibrados en las escalas temporales significativas de decenios hasta siglos, sobre todo en la situación actual de rápido cambio ambiental planetario. El proyecto 379 produjo la obra "Karst Process and Carbon Cycle" (Los procesos kársticos y el ciclo del carbono) y en el marco del proyecto 598 se sigue avanzando por ese camino. Científicos chinos del IRCK de Guilin están colaborando con colegas de todo el mundo para crear una red mundial de estaciones de seguimiento que medirán con más precisión ese sumidero de carbono y mostrarán cómo puede variar en función de las condiciones geológicas y climáticas.

Río Cheran, Geoparque del Macizo de Bauges,  
Francia. © Gilles Lansard

## Los recursos hídricos y los problemas ambientales en los terrenos kársticos

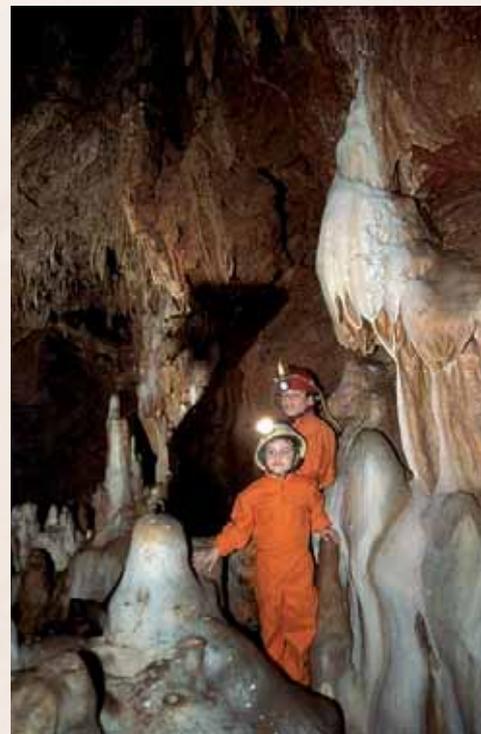
La contribución social más importante a la ciencia del karst en el marco del PICG ha consistido en las actividades de estudio y formación en explotación y protección de los recursos hídricos kársticos, que tienen dimensiones ecológicas (PICG 448: La correlación mundial de la hidrogeología kárstica y los ecosistemas pertinentes) y humanas (PICG 513: Estudio mundial de los acuíferos y los recursos hídricos kársticos). Como más de mil millones de personas dependen en alguna medida del agua de acuíferos kársticos, hay graves problemas que resolver. La gran permeabilidad de los acuíferos kársticos hace que el agua discurra subterráneamente en lugar de por la superficie, lo que limita su accesibilidad para satisfacer las necesidades humanas y crea problemas particularmente graves en lugares en los que los climas monzónicos tienen una estación seca prolongada. A menudo, las aguas subterráneas de las zonas kársticas están contaminadas. Ésta es una diferencia con el agua de pozo o de manantial de otros entornos geológicos que, con frecuencia, es de gran

calidad, los contaminantes pueden penetrar rápidamente en el suelo con escasa filtración, viajando velozmente por las redes fluviales subterráneas y llegar al suministro de agua de manantiales o pozos. Para explotar los recursos hídricos kársticos a veces es necesario recurrir a técnicas especiales. A lo largo de los años, han hecho numerosas contribuciones científicas que trabajan y presentan informes de sus logros bajo los auspicios de estos proyectos del PICG, que comprenden progresos en materia de trazado de aguas freáticas, geofísica, métodos para cartografiar los cursos de los ríos subterráneos, y en un importante esfuerzo (impulsado principalmente por participantes españoles y de otros países europeos) encaminado a idear métodos para cartografiar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas.

## Asociaciones y desarrollo de capacidades

Probablemente los resultados más tangibles han procedido de las asociaciones y las actividades de formación. Los proyectos del PICG sobre el karst han organizado publicaciones y conferencias conjuntas con las comisiones del karst de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, la Unión Geográfica Internacional y la Comisión de Espeleogénesis e Hidrogeología de la Unión Internacional de Espeleología, que no solo han suscitado innumerables posibilidades de intercambiar ideas, experiencias y oportunidades, sino que además han aumentado la eficiencia

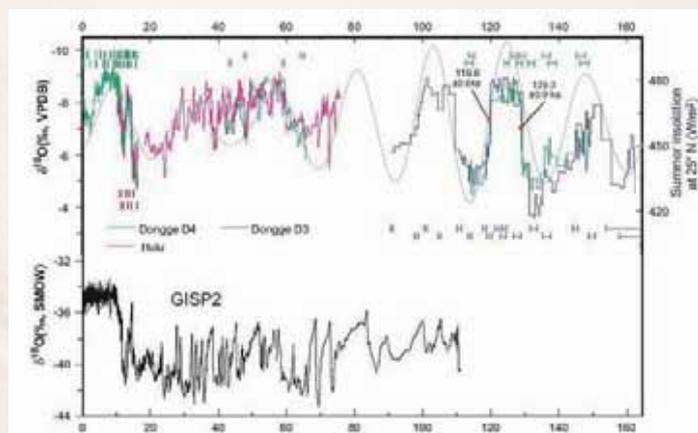
Niños en la cueva de Doxa, Geoparque de Psthoritis (Grecia). © K. Paragamian



al determinar objetivos comunes y esforzándose por eliminar actividades duplicadas.

Muchos países en desarrollo tienen regiones kársticas bien desarrolladas que plantean problemas ambientales, y numerosos científicos de esas regiones se han beneficiado directamente de la financiación del PICG para participar en conferencias internacionales e, indirectamente, al participar en actividades de formación organizadas con los auspicios del PICG y los programas de la UNESCO. A este propósito, señalaremos dos ejemplos notables.

El primero es el proyecto sobre salud ambiental de China, financiado por múltiples fuentes, entre ellas la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y el Ministerio de Tierras y Recursos y el Ministerio de Tecnología de China, que incluye un componente de capacitación relacionado con el karst, que ha establecido laboratorios para sistemas de información geográfica y seguimiento de aguas subterráneas en China. Este proyecto ha formado él solo a más de 1.500 científicos, estudiantes, funcionarios públicos locales y provinciales, así como ciudadanos de China.



Cambios en los isótopos de oxígeno de las estalagmitas D3 y D4 de Libo, provincia de Guizhou (China) y comparación con la insolación veraniega a 25°N. © Yuan Daoxian

Un fruto importantísimo de la larga historia de los proyectos del PICG sobre el karst es el ya mencionado Centro Internacional de Investigación sobre el Karst (IRCK), fundado en virtud de un acuerdo entre el Gobierno de la República Popular China y la UNESCO en diciembre de 2008. Situado en Guilin, el IRCK es el primer Centro de categoría 2 de ciencias de la Tierra; y, con los auspicios de la UNESCO y en el marco del PICG, es el único centro internacional del sistema de las Naciones Unidas de investigaciones interdisciplinarias sobre el karst. Sus fines son mejorar la comprensión de los sistemas kársticos a escala mundial, mantener en buen estado ecológico del frágil entorno de las regiones kársticas y promover el desarrollo socioeconómico sostenible de las esas regiones, que son uno de los sistemas ambientales más frágiles del mundo. El IRCK hará progresar el conocimiento de la dinámica del karst mediante investigaciones, publicaciones científicas y la cooperación internacional; promoverá la comunicación internacional y constituirá una plataforma para el intercambio de información científica sobre la dinámica del karst y la utilización sostenible de los recursos kársticos y la protección ecoambiental; por último, llevará a cabo actividades de asesoramiento, información técnica, educación y formación que servirán de base a la concepción y puesta en práctica de métodos integrados novedosos de rehabilitación de zonas afectadas por la desertificación y métodos de restauración ecológica de regiones kársticas.

Además de las investigaciones científicas puras y aplicadas para mejorar la comprensión de los recursos kársticos, el Centro presta gran atención a la celebración de cursos internacionales de formación sobre el karst. En 2009 y 2010 se impartieron con éxito cursos a los que asistieron numerosos estudiantes de todo el mundo, fundamentalmente de países con recursos kársticos, entre ellos Brasil, India, Indonesia, Perú y Uganda. Está prevista una serie de cursos similares en el futuro inmediato.

# Mirando hacia el futuro

El futuro de la investigación del karst sigue siendo brillante: se ha aprendido mucho, pero aún quedan interrogantes. Las asociaciones entre la UNESCO y la UICG seguirán sirviendo de mecanismo principal de la comunicación internacional en materia de ciencia kárstica, tanto por medio del PICG 598: El cambio ambiental y la sostenibilidad en los sistemas kársticos (2011-2015) como del Centro Internacional de Investigación sobre el Karst (IRCK). En los países que más firmemente han apoyado los proyectos del PICG relativos al karst (China, Eslovenia, España y los Estados Unidos de América) y que siguen haciéndolo, no deja de aumentar el interés por el tema. El PICG 513, que concluyó en 2010, atrajo la participación activa de 44 países, y el PICG 598 tiene codirectores de Asia, Europa y América del Norte y, por primera vez, del hemisferio Sur (Brasil). El PICG 598 también ha obtenido un apoyo adicional del Organismo Sueco de Cooperación para el Desarrollo Internacional (OSDI) en reconocimiento de sus cursos de formación, todos los cuales poseen un importante elemento de capacitación.

El IRCK también sigue desarrollándose y afronta los retos del siglo XXI con excelentes instalaciones en el Instituto de Geología Kárstica de Guilin. El principal respaldo financiero procede del Gobierno chino, de manera que la dirección administrativa china se aúna al liderazgo científico internacional; los miembros actuales del comité académico del IRCK representan a 13 países. Está previsto un incremento del personal del IRCK a 600 personas en 2020.

Nosotros y quienes nos sucedan esperamos poder dar cuenta de más éxitos cuando se celebre el 50º aniversario del PICG, e incluso en su 75º aniversario.

*Chris Groves, Hoffman Environmental Research Institute, Western Kentucky University, USA; Yuan Daoxian and Zhang Cheng, International Research Center on Karst under the Auspices of UNESCO, China and Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, China*







# Los recursos de la tierra: la sustentación de nuestra sociedad

Los recursos de la Tierra son los minerales, los hidrocarburos, los elementos raros de la Tierra, la energía geotérmica, el aire y el agua, cuya utilización sostenible es vital para el bienestar futuro de la sociedad. La explotación ambientalmente responsable de esos recursos es un reto para las investigaciones en ciencias de la Tierra; los progresos del desarrollo tecnológico dependen asimismo necesariamente de esta premisa.

# PICG 357: Yacimientos de materias orgánicas y de minerales (1993-1997)

Casi todas las facetas de la actividad humana, que incluye la agricultura, la construcción, la manufactura, el transporte, la electrónica, el arte y la ciencia, dependen de minerales y, por

ende, de la extracción minera. Los metales preciosos (oro, plata y los elementos del grupo del platino) y otros metales como cobre, plomo, cinc, estaño y uranio son elementos

Vista de Muruntau (Uzbekistan), la mayor mina de oro a cielo abierto del mundo, que mide 3 por 2 km y tiene 330 m de profundidad (Foto cedida por R. Seltmann). © Jan Pašava



esenciales para sostener la calidad de vida que se disfruta en un mundo en el que cada día tiene más presencia la alta tecnología, así como para sostener el desarrollo futuro de la sociedad humana. Para hallar fuentes suficientes de esos metales industriales, es importante comprender cómo se formaron. Se sabe desde hace mucho que la materia orgánica está asociada frecuentemente a una gama de acumulaciones de metales. Para realizar un estudio especial sobre la correlación en 1993, el PICG 357 reunió un grupo de cerca de 200 geocientíficos que representaban a los 31 países siguientes: Alemania, Argentina, Australia, Bulgaria, Canadá, Cuba, China, Ecuador, Eslovaquia, España, Estados Unidos de América, Estonia, Federación de Rusia, Finlandia, Francia, Guinea, Hungría, India, Italia, Japón, Kazajistán, Mongolia, Nigeria, Pakistán, Polonia, Reino Unido, República Checa, Rumania, Sudáfrica, Suiza y Túnez. El objetivo primordial

de esa iniciativa era mejorar nuestra comprensión de los diferentes papeles que desempeña la materia orgánica en el origen de diversos yacimientos de minerales y facilitar con ello una prospección y extracción de metales más eficaz, que tan vital es para la sociedad humana moderna. La labor del PICG 357 ha demostrado que la materia orgánica puede actuar de importante control de la precipitación de los metales y que también es un importante agente en el transporte de los metales a los lugares en que se depositan. Hemos demostrado además que las rocas metasedimentarias con abundante materia orgánica (pizarras negras) pueden servir a menudo de fuente de metales de diversos yacimientos de minerales. A continuación se describen varios ejemplos de algunos de los metales asociados a materia orgánica, muchos de ellos de uso cotidiano.

## Yacimientos de metales preciosos (oro, plata y platinoides)

Históricamente, los metales preciosos han obtenido precios muy superiores a los de los metales industriales comunes por su importancia en tanto que moneda, pero ahora se los considera principalmente como inversión y bienes industriales.

Debe señalarse que el 65% de las reservas auríferas de la ex URSS se encuentra en yacimientos auríferos asociados a metasedimentos en los que abunda la materia orgánica. Uno de los mayores yacimientos de oro del mundo (el de Muruntau, donde hay más de 100 millones de onzas de oro) se encuentra en el desierto de Kyzyl Kum, en Uzbekistán. La labor desarrollada por científicos rusos en el PICG 357 demostró que, además de la intrusión granítica, las rocas con abundante materia orgánica eran una fuente importante del metal, resultado este que ayudará a explotar más eficazmente

tipos similares de yacimientos gigantes de oro en otras partes del mundo.

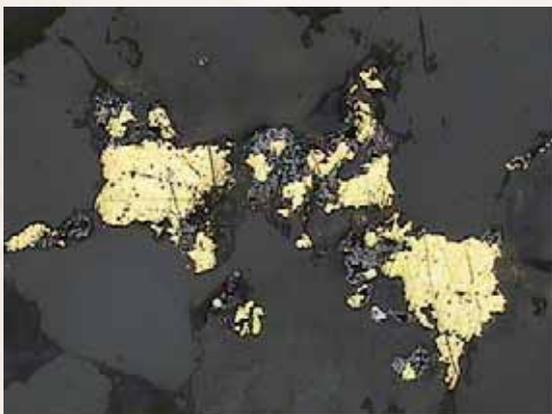
Científicos polacos y alemanes del PICG 357 hicieron un importante descubrimiento de una nueva fuente de metales preciosos en la parte suroccidental del yacimiento de cobre de tipo Kupferschiefer de Polonia. Pudieron demostrar que esa mineralización se formó gracias al papel fundamental desempeñado por la reducción de materia orgánica, que facilitó la precipitación de oro y platinoides (metales asociados al platino) de los fluidos que contienen metales. Este descubrimiento hará posible una prospección más eficaz de tipos similares de menas de oro-platino-paladio en otras partes del mundo.



## Yacimientos de cobre

El cobre es ampliamente utilizado en numerosas actividades cotidianas. Aproximadamente el 65% del cobre que se produce se utiliza para aplicaciones eléctricas. Por ejemplo, el cobre desempeña un papel fundamental en la eficiencia energética; la utilización juiciosa de una tonelada de cobre en el sector de la energía hace posible hoy día disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> en promedio de 200 toneladas al año. La cuarta parte del cobre que se extrae de la Tierra se utiliza en la construcción y cerca del 7% se emplea en los transportes. El 3% restante se emplea en monedas, esculturas, instrumentos musicales y utensilios de cocina.

La labor desarrollada por el PICG 357 sobre unas de las principales fuentes del cobre del mundo, localizadas en Chile y en el sur de América del Norte, arrojó importantes resultados obtenidos en los yacimientos de cobre estratiformes (en los que el mineral se encuentra en capas rocosas específicas), una fuente capital de ese metal. Con esa labor se demostró que la participación de la materia orgánica es probablemente un componente esencial en la formación de yacimientos económicos de este tipo, lo cual constituye una valiosa herramienta nueva para futuras prospecciones.



Las investigaciones del PICG 357 sobre los yacimientos sedimentarios de cobre de Polonia, que pertenecen a una de las principales fuentes de cobre del mundo, mostraron la importancia de la materia orgánica en la acumulación del metal, además de ayudar a mejorar la labor de elaboración de modelos genéticos y de impulsar las actividades de prospección.

## Los yacimientos de sulfuro de plomo-cinc

Desde hace más de 2.500 años, los seres humanos utilizan minerales compuestos que contienen cinc. Casi el 50% del cinc que se utiliza actualmente en el mundo se emplea en la construcción, la industria automovilística y los electrodomésticos, en que se utiliza principalmente como recubrimiento galvanizado protector sobre acero y hierro. Aproximadamente el 70% del plomo del mundo se emplea para fabricar baterías, predominantemente en la industria automovilística.

Una de las fuentes industriales más importantes de cinc y plomo son los yacimientos en carbonatos del tipo MVT (como los del Valle del Mississippi), en los que se sabe que se producen betún y líquidos del petróleo. Hasta que el PICG 357 efectuó una evaluación crítica del papel de la materia orgánica en la formación de los yacimientos MVT, no existía un modelo genético único de esta categoría de yacimientos. Científicos de los Estados Unidos y del Reino Unido que trabajaban en el proyecto lograron elaborar un nuevo modelo del origen de

Nuevo tipo de mineralización de metal precioso asociada con yacimientos de cobre asociados a sedimentos descubiertos en Polonia (pepitas de oro amarillas con óxido de hierro gris – hematita). Fotografía amablemente cedida por A. Piestrzynski.  
© Jan Pašava

esos yacimientos en que la materia orgánica es la clave de la ubicación de las acumulaciones de metales (transporte de los metales por medio de complejos orgánicos y diversas reacciones de oxidación-reducción). Estos resultados serán de gran utilidad para la prospección en el futuro de recursos de cinc y plomo de tipos similares.

## Los yacimientos de estaño

La aplicación más importante del estaño en ingeniería radica en las aleaciones. También se utiliza como recubrimiento anticorrosivo de otros metales. En la agricultura algunos compuestos orgánicos de estaño tienen varias aplicaciones como fungicidas e insecticidas. Otros compuestos de estaño se utilizan en equipos de alta tecnología.

Un estudio conjunto checo-chino-canadiense del PICG 357 de los yacimientos del campo estannífero de Dachang, el mayor productor chino de estaño, mostró que la materia orgánica desempeñaba un papel clave en la determinación de la capacidad de formar minerales del sistema magmático; este descubrimiento es importante para futuras prospecciones de tipos similares de fuentes de estaño en el mundo.

## Los yacimientos de uranio

El uranio es un elemento radiactivo cuya aplicación principal es la generación de energía nuclear, pero ese empleo del metal plantea un importante problema: la eliminación segura de residuos altamente radiactivos y de larga vida. En el marco del PICG 357, se alcanzaron progresos de importancia al respecto en un estudio efectuado en cooperación entre Canadá, los Estados Unidos de América, Francia, Gabón y el Reino Unido y que se apoyó en los reactores de fisión natural ricos en betún sólido de Oklo (Gabón). Se constató que la materia orgánica en el mineral de uranio desempeñaba un papel clave en la inmovilización y la acumulación de los radionúcleos. Esta restricción permite postular una intervención análoga crucial para la contención de larga duración mediante medidas tecnológicas de los residuos nucleares antropogénicos.

*Jan Pašava, Czech Geological Survey, Czech Republic*

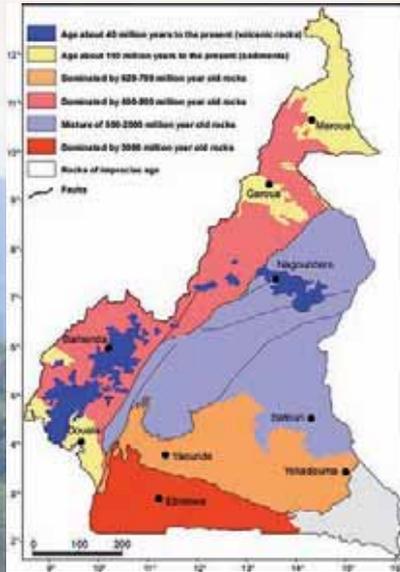


# PICG 470: El cinturón neoproterozoico panafricano del África central (2002-2006)



Paisaje típico de las tierras altas de la Línea Volcánica de Camerún. En la fotografía, tomada en la región camerunesa de Dschang, es claramente visible el esfuerzo para mantener la agricultura.  
© S. Felix Toteu

Mapa geológico de Camerún.  
© S. Felix Toteu



En los últimos años, el sector de las ciencias de la Tierra en África ha recibido importantes inversiones internacionales para satisfacer un considerable incremento mundial de la demanda de recursos minerales y energéticos. Gracias a ello, muchos países africanos han puesto en marcha nuevos programas nacionales de cartografía geológica.

Desde una perspectiva geológica, una de las regiones más enigmáticas del continente es la de África central, que comprende Camerún, la República Centroafricana, Chad, Congo, la República Democrática del Congo, Guinea Ecuatorial y Gabón, aunque se han obtenido algunos progresos en los dos países citados en último lugar, probablemente a causa de las actividades de prospección de petróleo y minerales que se multiplican actualmente en ellos.

El PICG 470 fue el primer proyecto del PICG que se ejecutó en esta región. Cuando se inició en 2002, las investigaciones en ciencias de la Tierra en África central tropezaban con muchas trabas: la escasez de datos modernos, la antigüedad de los mapas geológicos de la época colonial o que eran subproductos de proyectos de prospección mineral de los años 1980, desigual distribución de las prospecciones, además de la inexistencia de comunicación entre los proyectos, especialmente entre diversos países. Como consecuencia de todo ello, las correlaciones transfronterizas (que se hubiesen beneficiado de un tratamiento regional) fueron difíciles de establecer.

Los objetivos del PICG 470 eran subsanar esos fallos y carencias. El proyecto se centró en las rocas precámbricas, es decir, las que tenían más de 570 millones de años, porque subyacen en la mayor parte de la región y contienen la mayoría de los recursos minerales. Geológicamente, la región consta de dos unidades principales: el borde septentrional del cratón del Congo (una gran parte de la placa continental que ha permanecido relativamente intacta durante 2.000 millones

de años o más tiempo aún), que abarca la mayor parte del Sur del Camerún, Gabón y Guinea Ecuatorial, y el cinturón panafricano que, como parte de una red de cinturones de colisión que rodea a los principales cratones africanos, abarca Camerún central y septentrional, Chad y la República Centroafricana. Esos cinturones se formaron a resultas de la convergencia hace unos 600 millones de años y constituyeron la Gondwana occidental, un antiguo ‘supercontinente’ meridional que se dividió en lo que hoy reconocemos como África y América del Sur, entre otras entidades.

En el curso de sus actividades, el proyecto estableció una red de cooperación con investigadores de África, Europa y América del Norte y del Sur. Se organizaron talleres anuales sobre el terreno en los países interesados del África Central y se obtuvieron nuevos datos en diversos laboratorios de la red. Por primera vez en decenios, geocientíficos extranjeros tuvieron la posibilidad de trabajar sobre el terreno en la República Centroafricana y en Chad. La Universidad de Kinshasa acogió su primera reunión sobre geología desde la independencia de la República Democrática del Congo en 1960.

El PICG 470 también alcanzó el importante objetivo de romper el aislamiento de muchos investigadores de la región. Además de realizar excursiones sobre el terreno, en las que se dio a científicos jóvenes la oportunidad de aprender de colegas con más experiencia, se impulsaron las carreras de muchos de estos jóvenes, y desde entonces cinco de ellos han obtenido sendos doctorados gracias a la investigación en cooperación con universidades e instituciones de investigación de la región y sus homólogas de Europa. Las instituciones más activas fueron las universidades de Yaundé (Camerún), N'Djamena (Chad), Bangui (República Centroafricana), Kinshasa (República Democrática del Congo), Kiel (Alemania), Orleans y Toulouse (Francia) y Kansas (EE.UU.), el Instituto de Investigaciones Geológicas y Mineras (Camerún), el CRPG-

CNRS Nancy (Francia), el Servicio de Prospección Geológica de Dinamarca y Groenlandia, el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (Francia), y el Museo Real del África Central (Bélgica). La creación, a través de esas instituciones, de un importante banco de datos regional nos ha permitido comprender mejor la arquitectura geológica de la región. Además, se ha publicado un nuevo mapa transfronterizo geológico y de yacimientos minerales de la región del África central; se ha puesto al día el mapa precolonial del Camerún y se ha definido con más precisión la cronología de la evolución de las rocas del basamento precámbrico (véase el mapa). Esa diferenciación de edades ayuda a interpretar la geología y por lo tanto a orientar la prospección de minerales. Los resultados del proyecto 470 del PICG también han contribuido a proyectos en curso de cartografía geológica internacional. Los nuevos datos recogidos fueron esenciales para finalizar la parte centroafricana de la 2ª edición del Mapa Tectónico de África publicada en 2011. En 2008, Camerún estuvo entre los primeros países africanos que se sumaron a la iniciativa OneGeology, que tiene por objeto difundir en línea un único mapa mundial geológico transnacional.

El proyecto concluyó sus actividades a finales de 2006, pero, a semejanza de las réplicas de un gran seísmo, aún se siente su influencia. El PICG 470 ha seguido en activo mediante la publicación de sus resultados. El proyecto también dio nuevo ímpetu a las actividades en cooperación que se habían interrumpido durante muchos años, por ejemplo las desarrolladas por el Museo Real del África Central y la Universidad de Kinshasa, nuevos estudios a escala regional, como el proyecto en colaboración entre las Universidades de Ngaunderé (Camerún), N'Djamena (Chad) y Orleans (Francia), que patrocina la Agence Universitaire de la Francophonie (2006-2008), y la participación en 2009 del director del proyecto 470 del PICG en la iniciativa “Corredores Vivos Africanos” de la red de Observatorios Africanos de la Tierra (AEON) de la Universidad de Ciudad del Cabo.



La investigación sobre el terreno requiere viajar mucho a grandes distancias, como se puede ver en esta excursión de un PICG en la República Democrática del Congo. Las colinas bajas que se ven a lo lejos están formadas por roca resistente (cuarcita), que sirve de referencia cartográfica de la región.  
© S. Felix Toteu

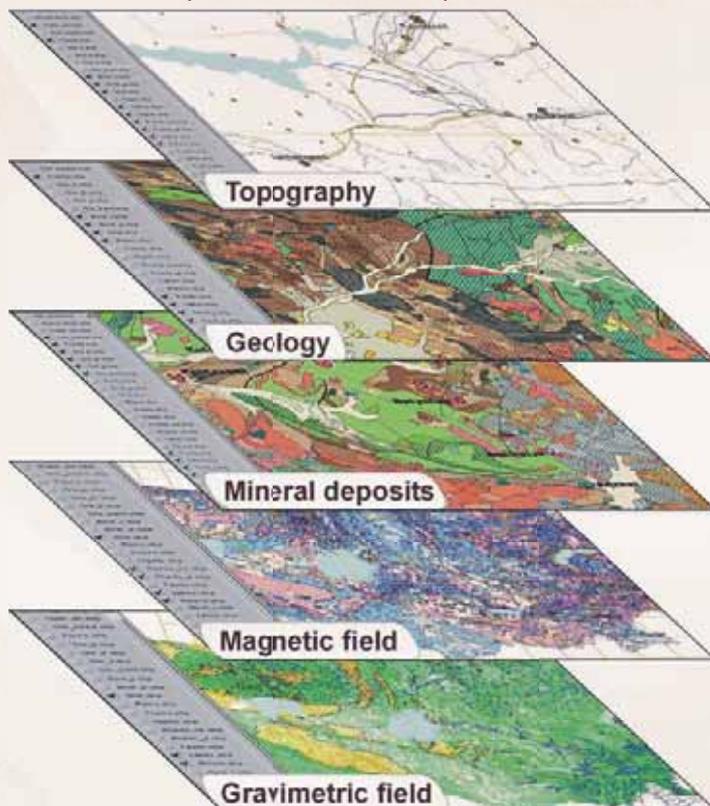
La experiencia acumulada con la ejecución del PICG en África demuestra que el éxito de un proyecto estriba en gran medida en la motivación de un pequeño número de participantes que forman el núcleo del proyecto y en el apoyo político, logístico y financiero de las instituciones pertinentes de la región, empezando por la institución de la que forme parte el director de proyecto. Ese apoyo, aunque sea modesto, es importante para dar a conocer tanto las instituciones como el PICG. Esa experiencia también ha puesto de manifiesto algunos de los puntos importantes que es preciso abordar para promover con éxito el PICG en África, entre los que está la revitalización o la creación de Comités Nacionales para el PICG (hasta la fecha, solo el 35% de los países africanos poseen un comité, que además puede estar inactivo). Los Comités Nacionales son la clave para mejorar la participación de los africanos en el PICG en una situación en la que únicamente el 7% de

los proyectos de ciencias de la Tierra del PICG han estado dedicados a África y solo el 5% de los directores de proyecto son africanos. Sin embargo, hay signos esperanzadores: la comunidad africana de especialistas en ciencias de la Tierra promueve, mediante la Sociedad Geológica de África, el conocimiento del PICG y sus beneficios, y los está orientando a los dirigentes y las instituciones de ciencias de la Tierra de África; el Organismo Sueco de Cooperación para el Desarrollo Internacional (OSDI) financia actualmente un programa de cuatro años de duración para impulsar la implantación del PICG en África mediante talleres de formación y la prestación de apoyo directo a determinados proyectos.

*S. Felix Toteu, Earth Sciences Unit,  
UNESCO Nairobi Office, Kenya*



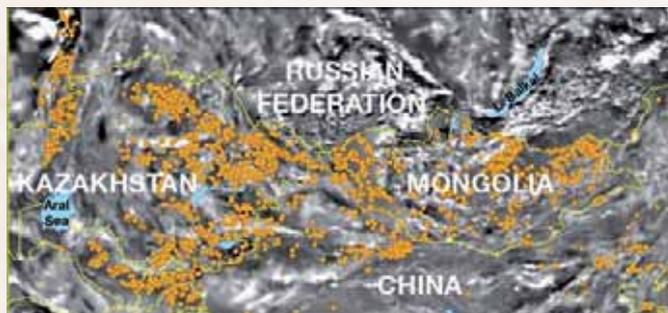
# PICG 473: Estudio con ayuda de SIG de la metalogénesis de Asia Central (2002-2007)



Esquema que muestra la composición de SIG tradicionales con capas de mapas temáticos. © Reimar Seltmann

Asia Central es una de las provincias minerales más ricas del mundo y se la considera una de las “cestas de materias primas” del futuro, en la que todavía hay vastos recursos de hidrocarburos, metales estratégicos y materias primas insuficientemente explotados o apenas prospectados.

El proyecto PICG 473 surgió a partir de su precursor, el proyecto PICG 373, “Los granitos que contienen menas de Eurasia” (1997-2002), y se benefició grandemente de una infraestructura de investigación existente que tenía una red internacional ya en funcionamiento (de unos 300 científicos de 30 países, organizados en 20 equipos básicos), coordinada por el Centre for Russian and Central EurAsian Mineral Studies (CERCAMS) con sede en el Museo de Historia Natural de Londres. El proyecto se concibió inicialmente como propuesta experimental para un proyecto de científicos jóvenes y posteriormente pasó a ser un proyecto pleno del PICG. La investigación tenía por finalidad perfeccionar los conocimientos especializados existentes en la región, utilizar las técnicas modernas de los sistemas de información geográfica (SIG) y llenar los vacíos entre los conocimientos obsoletos y las evaluaciones desfasadas, consideradas incompatibles con las exigencias internacionales. La financiación del proyecto proveniente de la industria minera interesada en participar fue excepcionalmente elevada (casi un millón de dólares estadounidenses a lo largo de los seis años de duración del proyecto) y su cuantía era esencial para alcanzar la ambiciosa meta de crear un banco de datos de



Distribución de los yacimientos de oro y su frecuencia (puntos dorados) de Asia Central, desde Kazajistán hasta Mongolia pasando por China, superpuesta al “Mapa de las Anomalías Magnéticas del Mundo” (UNESCO, CGMW 2007). © Reimar Seltmann

Excursión de campo en Tian-Shan  
(República Popular de China), 2007.  
© Stéphane Dominguez





Vista de la mina a cielo abierto de los depósitos de pórfidos de cobre de Kounrad (Kazajstán). © London Natural History Museum – Robin Armstrong

consulta pública sobre los yacimientos de minerales de la región y vincularlo a mapas geocientíficos temáticos. Las investigaciones del proyecto mejoraron la comprensión de los factores que controlan la formación de los yacimientos de minerales y catalizó actividades de prospección y explotación sostenible de los recursos minerales de Asia Central.

El marco de la investigación se benefició de las fructuosas negociaciones celebradas acerca de la participación de asociados de Asia Central, que permitieron obtener acceso a informes, mapas y conjuntos de datos inéditos en los idiomas locales y en ruso. Se obtuvo el apoyo institucional de los Gobiernos de Kazajstán, Kirguistán y Uzbekistán, así como de la Federación de Rusia, Mongolia y China, para sufragar la contribución a la investigación de esos países y su asistencia en compartir los gastos de personal y viajes. Durante la fase experimental de la investigación se ultimó el Nuevo mapa de la base geológica de Asia Central (escala 1:1.500.000 en

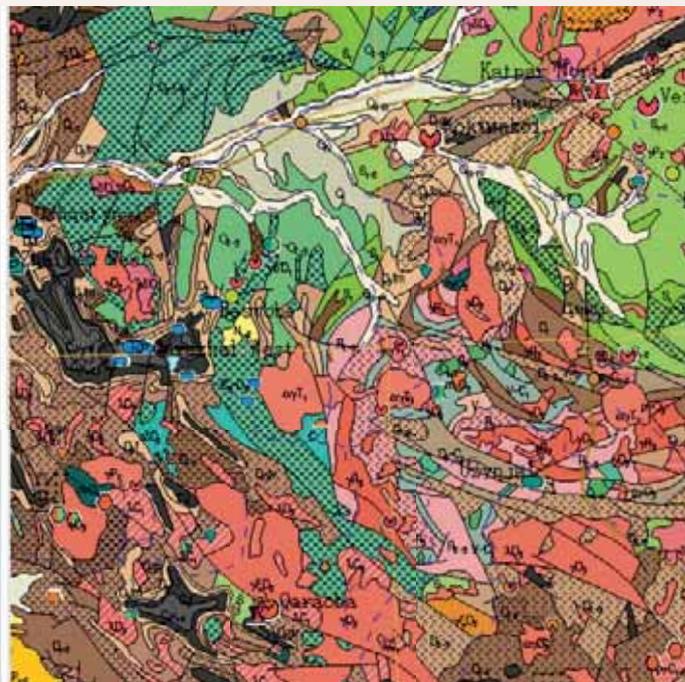
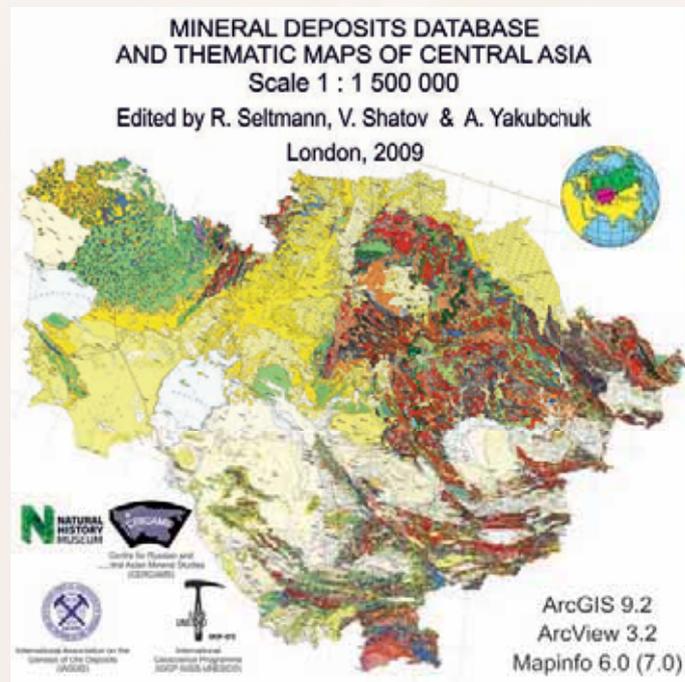
formato SIG ArcView) en asociación con la Comisión para el Mapa Geológico del Mundo y la UNESCO y se le añadieron capas geofísicas y topográficas. Se creó el banco de datos de SIG, que se distribuyó a los equipos del proyecto para que lo actualizaran periódicamente. La investigación del potencial en minerales, los posibles cinturones metalogénicos y los tipos de yacimientos no tradicionales ha llevado a identificar problemas fundamentales abordados en estudios monográficos a lo largo del proyecto. El estudio integró los datos existentes y los nuevos para combinar las unidades geotectónicas de Asia Central y su inventario mineral. Gracias a esa metodología, se puede comparar la evolución metalogénica con un historial de la formación de la corteza continental durante los procesos de formación de las montañas, y con ello se pretende elaborar un modelo metalogénico–geodinámico unificado de Asia Central. Asociados locales junto con visitantes extranjeros estudiaron emplazamientos sobre el terreno de yacimientos minerales y utilizaron métodos de laboratorio modernos.

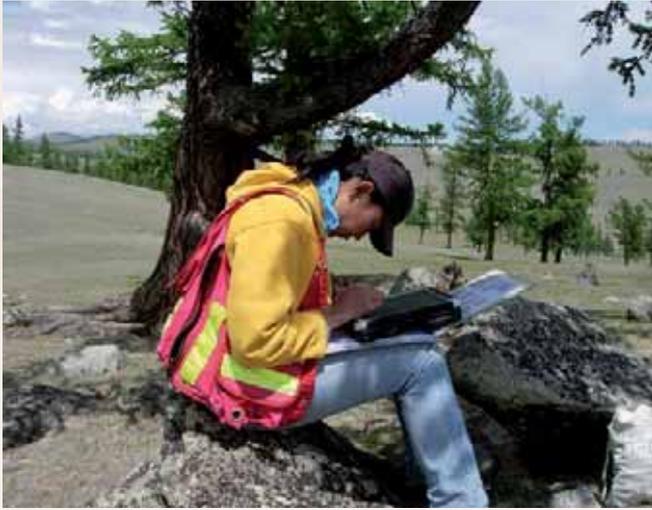
Para obtener datos sobre la geoquímica de los yacimientos minerales, las rocas mineralizadas, la alteración de las rocas encajantes y las rocas relacionadas de cada tipo de yacimiento, se seleccionaron casos de estudio específicos (Muruntau, Kumtor, Verjnee Kairakty, Jubilejnoe, Kalmakyr, Kounrad y Dzhezkazgan). Estos estudios monográficos tenían por objeto elaborar modelos genéticos de los grandes yacimientos de minerales y se publicaron en revistas internacionales con revisión por pares (véase [www.nhm.ac.uk/cercams](http://www.nhm.ac.uk/cercams)). La investigación interdisciplinaria abarcó la clasificación y la gestión de datos con el tratamiento de unos 1.800 yacimientos de los terrenos estudiados, atendiendo a su edad, tipo de yacimiento y marco metalogénico. Se llevaron a cabo actividades complejas de investigación y correlación por parte de varios equipos complementarios que

poseían competencias técnicas y metodológicas en SIG y conocimientos especializados en geodinámica y metalogenia. Fruto de todo ello fue la compilación de un juego de mapas geológicos, geodinámicos y metalogénicos de Asia Central basados en SIG, a escala 1:1.500.000, cuyo objeto es evaluar el potencial mineral de la zona estudiada.

Basándose en la versión experimental inicial de ArcView, se han reunido los elementos básicos de un conjunto más profesional de mapas ArcInfo/ArcMap obtenidos por SIG de los yacimientos de minerales de Asia Central y, como principal resultado de la investigación, al concluir el proyecto en 2007 se difundió el conjunto ultimado, junto con un servicio de actualización y modernización anual. El equipo del proyecto elaboró un modelo de datos, y se reestructuró una plantilla

Carátula del CD del producto principal del proyecto que más de 40 empresas mineras y centros de investigación han adquirido para efectuar evaluaciones de minerales y estudios académicos. © Reimar Seltmann





Estudiante de posdoctorado de Mongolia durante su formación en documentación de campo. © London Natural History Museum – Robin Armstrong

del banco de datos, que se transmitió a expertos locales para que hiciesen más aportaciones. Se digitalizaron las hojas de los mapas temáticos y se enlazaron al banco de datos sobre yacimientos. Por primera vez en esa región, se enlazó una capa topográfica a un mapa geológico de nueva elaboración de cuyos derechos de autor es titular el proyecto, y además se combinó con hojas relativas a los yacimientos de minerales, la gravedad y el magnetismo. Esto era requisito previo indispensable para la realización de preguntas técnicas (formular preguntas para utilizar la plataforma del SIG) y la viabilidad del análisis espacial, dos herramientas que caracterizan a los SIG modernos que los “usuarios finales” exigen. También se desarrollaron actividades de evaluación y procesamiento de imágenes obtenidas por satélite. El director de proyecto obtuvo la aprobación oficial de las autoridades mongolas, rusas, chinas, uzbecas, kazajas, tayikas y kirguisas para que participaran expertos de esos países en las investigaciones del proyecto. Se estableció una cooperación especial con equipos de Rusia, Mongolia y China que también

han propuesto ampliar el estudio de la metalogenia con ayuda de SIG a las regiones de Asia Central vecinas de esos países.

En los cinco años que duró el proyecto, los estudios monográficos produjeron, además de la plataforma de SIG de Asia Central, que fue el principal resultado del proyecto y que existe actualmente en CD-ROM en formato ArcGIS que incluye el banco de datos codificado en programa MS Access enlazado a mapas vectoriales temáticos estratificados, más de 200 publicaciones (entre ellas, 50 artículos originales aparecidos en revistas revisadas por pares, guías de referencia anuales y monografías revisadas por pares). De 2002 a 2007, se celebraron más de 100 visitas de expertos y viajes de carácter formativo de personas de la región del estudio a centros de investigación europeos, la mitad de las cuales fueron de becarios postgraduados o que cursaban estudios postdoctorales. La red de investigación contribuyó a actividades de perfeccionamiento, formación e intercambio de conocimientos, principalmente a través del programa anfitrión CERCAMS, consistentes en prestar apoyo por medio de subvenciones a becas para educación y formación en laboratorio de científicos jóvenes (el 50%, mujeres) de países menos adelantados y en transferir conocimientos mediante la cooperación en proyectos conjuntos; proporcionar aparatos y programas informáticos para facilitar el proyecto de investigación utilizando una plataforma conjunta, desarrollando módulos de aprendizaje en línea, la formación en técnicas de SIG en el Museo de Historia Natural de Londres y el Instituto Panruso de Investigación Geológica (VSEGEI) de San Petersburgo, así como talleres y excursiones con expertos en tipos de yacimientos de minerales, modelos predictivos de prospección y estudios de alteraciones.

El PICG 473 contribuyó al Año Internacional del Planeta Tierra y colaboró con la International Association on the Genesis of the Ore Deposits (IAGOD), la Sociedad de

Geología Aplicada a los Yacimientos Minerales (SGA), la Sociedad de Geólogos Económicos (SGE), otros proyectos del PICG (486, 502), el Programa de la UICG y la UNESCO sobre la sostenibilidad de los recursos minerales (PSRM; anteriormente, Programa de elaboración de modelos de yacimientos) y la Asociación Internacional de Vulcanología y Química del Interior de la Tierra (IAVCEI). Esas actividades culminaron en la compilación de un DVD titulado “Promoting responsible mineral resource management on planet Earth” (Promoviendo la gestión responsable de los recursos minerales en la Tierra).

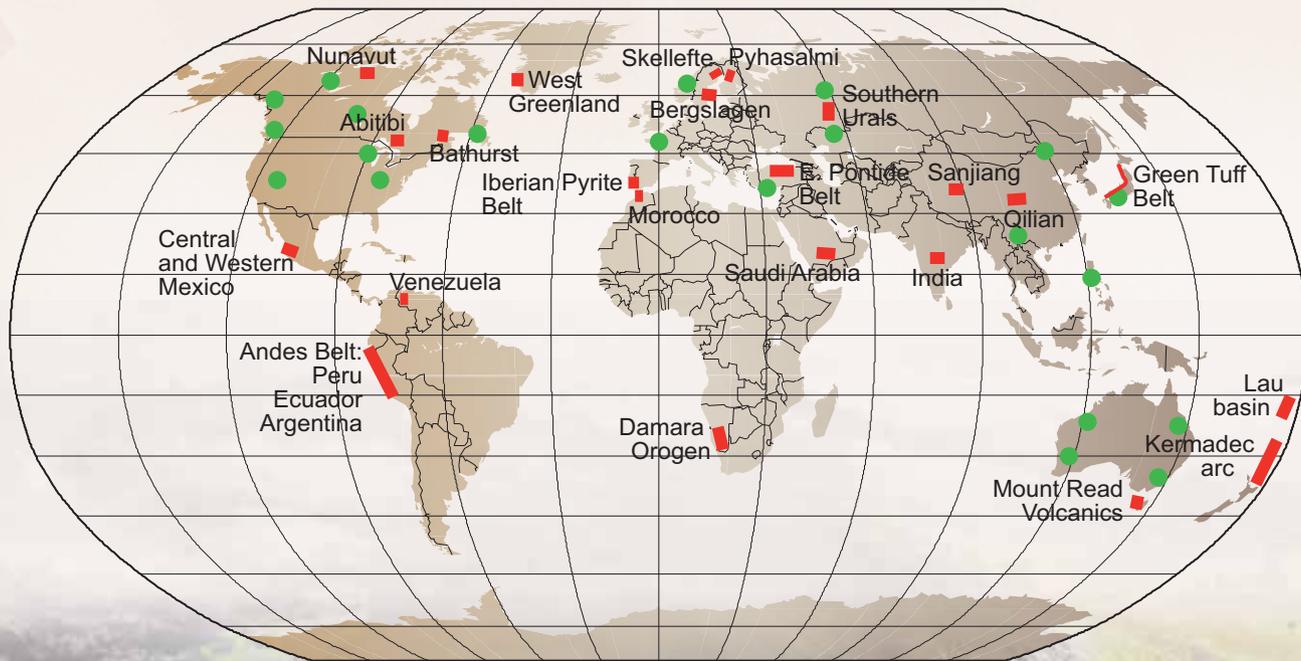
**Reimar Seltmann**, Centre  
for Russian and Central  
EurAsian Mineral Studies,  
Natural History Museum,  
Mineralogy Department, UK



Cartografía de campo.  
© Marble Arch Caves Geopark



# PICG 502: Comparación mundial de distritos de sulfuros masivos volcánicos (SMV) (2004-2009)



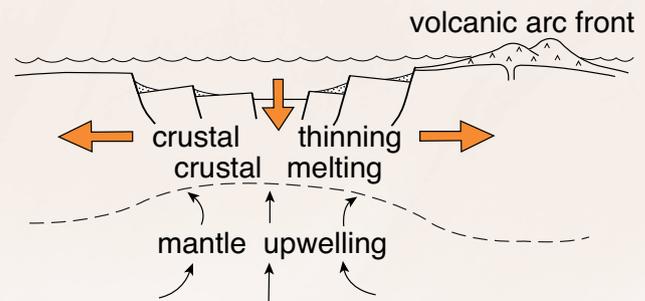
— IGCP-502 Areas de proyectos    ● Otros distritos SMV

Los yacimientos de sulfuros masivos volcánicos (SMV) son acumulaciones de minerales sulfurosos metálicos que se precipitaron en el fondo del mar, o inmediatamente debajo de él, en asociación con el vulcanismo. Los yacimientos de minerales se dan en agrupaciones a las que se denomina campos o distritos mineros, que están situados en las sucesiones de cuencas marinas que se formaron como consecuencia de la extensión de la corteza adyacente a los márgenes de las placas tectónicas. Los yacimientos de minerales aparecen en estratos, que van desde los varios miles de millones de años de antigüedad hasta los de edad reciente, y también se están formando activamente en las chimeneas hidrotérmales (fumarolas o humeros) en el fondo de los mares modernos. Son normalmente cuerpos de forma de disco, de 10 a 50 m de grosor y de 100 a 1.000 m de diámetro. El contenido medio de metal de un yacimiento SMV asciende a un millón de toneladas de mineral de sulfuro masivo, pero los yacimientos muy grandes pueden contener 300 millones de toneladas de mineral. Hay yacimientos en muchos países y son una de las fuentes más importantes del mundo de cinc, cobre, plomo, plata y oro.

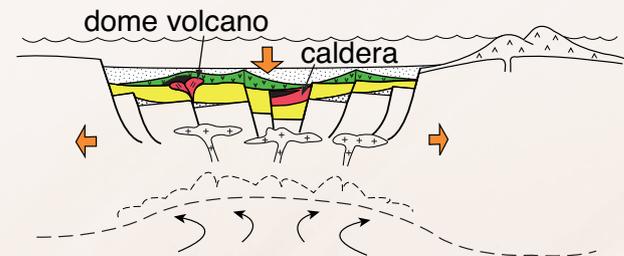
La finalidad del proyecto 502 del PICG, que llegó a ser conocido como el “Proyecto mundial sobre SMV”, era crear una red internacional de científicos interesados en los yacimientos SMV, que dieran entre todos un gran paso adelante en la comprensión de dónde, cuándo y cómo se forman los yacimientos SMV durante la evolución de los macizos autóctonos en los márgenes de las placas extensionales. Nuestras hipótesis y nuestra estrategia consistían en asumir que, para dar ese paso adelante, es esencial comparar y contrastar la geología de los principales distritos SMV del mundo para poder distinguir las características comunes fundamentales de la multitud de las demás características menos importantes. Además de crear bancos de datos de la geología de todos los distritos

Volcán de Nueva Zelanda. © Sarah Gaines

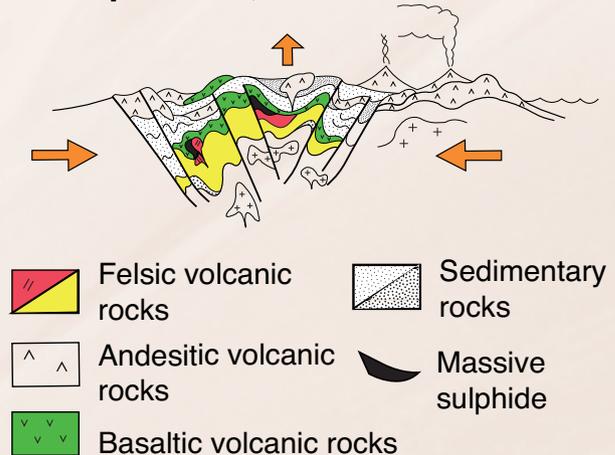
### A: crustal extension, basin subsidence



### B: waning extension, volcanism, ore formation, continued subsidence



### C: compression, basin inversion



- |  |                          |  |                   |
|--|--------------------------|--|-------------------|
|  | Felsic volcanic rocks    |  | Sedimentary rocks |
|  | Andesitic volcanic rocks |  | Massive sulphide  |
|  | Basaltic volcanic rocks  |  |                   |

El ciclo de evolución de muchos distritos mineros de SMV. © Rodney Allen





SMV, nuestra estrategia consistió en realizar talleres sobre el terreno en el mayor número posible de distritos SMV del mundo, lo cual permitiría a los miembros de la red del PICG 502 comparar los distintos distritos SMV, y además promover la transferencia de ideas, resultados y nuevas tecnologías entre científicos y equipos de investigación en el entorno más favorable posible, tanto sobre el terreno como en el laboratorio. Esos conocimientos se podrían utilizar luego para mejorar la prospección de estos yacimientos de minerales y dar lugar a nuevas actividades mineras en países en desarrollo y en regiones mineras tradicionales.

El proceso de establecimiento de la red científica se prolongó durante todo el proyecto. Contratamos a científicos y doctorandos y también a científicos que participaban en actividades de prospección y extracción de minerales, entre ellos científicos de instituciones de investigación reputadas y de regiones mineras, así como científicos de países en desarrollo. En el último año del proyecto, se había creado una red de 221 geocientíficos de 43 países. Se eligió a un coordinador regional para cada uno de aproximadamente 20 distritos SMV y se buscó y contrató para cada distrito minero a un equipo científico local de 5 a 20 científicos interesados en los yacimientos de SMV. Se alentó a esos equipos locales a que propusieran, planearan y organizaran un taller sobre el terreno de una a dos semanas de duración en sus países y distritos SMV, con ayuda de los directores de proyectos del PICG. Durante el proyecto se celebraron talleres sobre el terreno en 11 de las principales regiones mineras SMV del mundo: Skellefte (Suecia); el Cinturón Ibérico de Piritas (España y Portugal); el Cinturón del Póntico Oriental (Turquía); Bathurst (Canadá); el orógeno de Damara

Chimeneas hidrotermales (fumarolas o humeros) que forman un yacimiento de sulfuro masivo en el fondo del mar en el volcán Brothers, arco de Kermadec (fotografía cedida por GNS Science, Nueva Zelanda). © Cornel de Ronde



Participantes en un taller estudian muestras de perforaciones con geólogos especialistas en minería en la mina de Hajjar (Marruecos), 2009. © Rodney Allen

(Sudáfrica y Namibia); el Arco de Honshu nororiental (Japón); los Montes Urales centrales (Federación de Rusia); el cinturón de Caledonia (Reino Unido e Irlanda); Bergslagen (Suecia); Rudny Altai (Kazajstán y Federación de Rusia); y el cinturón del plegamiento herciniano (Marruecos). Para muchos participantes, esos talleres sobre el terreno fueron lo más destacado del proyecto del PICG. Los talleres reunieron a científicos locales, empleados de empresas mineras, estudiantes y expertos de muchos países y fueron caldo de cultivo de muchas ideas nuevas, impulsaron la colaboración científica y suscitaron amistades personales. A los participantes en el proyecto también les fue muy útil conocer de primera mano las diferentes culturas sociales de los países en que se celebraron los talleres. La mayoría de esos talleres tuvieron lugar inmediatamente después de una conferencia internacional en la que el proyecto 502 del PICG organizó una sesión científica sobre yacimientos de minerales SMV, o bien de simposios de nuestro proyecto.

En total, el proyecto organizó 29 reuniones científicas, talleres y cursillos en los cinco años que duró. Se utilizaron fondos aportados por la UNESCO y la UICG para subvencionar la asistencia de cuatro a seis estudiantes y científicos de países en desarrollo a cada taller sobre el terreno y a cada reunión. Se obtuvo financiación adicional de organizaciones nacionales, universidades y fondos de la industria minera,

que se emplearon en sufragar gastos de investigación y la celebración de los talleres sobre el terreno y las reuniones.

El proyecto 502 del PICG produjo varias publicaciones científicas y esa actividad culminó en 2011 con la publicación de un número temático de la revista *Mineralium Deposita Journal* consagrado a las cuestiones y controversias más importantes sobre el entorno geológico y la génesis de los yacimientos SMV. Entre los resultados menos patentes, pero probablemente más importantes aún, están la nueva colaboración y el aumento de la interacción entre científicos de los países en desarrollo y desarrollados interesados en los yacimientos de minerales SMV, y la experiencia que los estudiantes y científicos de los países en desarrollo han acumulado en sus visitas a algunas de las regiones mineras más famosas del mundo. El beneficiario último es la sociedad de esos países, en los que un mayor conocimiento de los yacimientos de minerales SMV y del dominio de las técnicas de prospección de yacimientos dará lugar a nuevas actividades mineras que crearán riqueza, empleo y niveles de vida superiores.

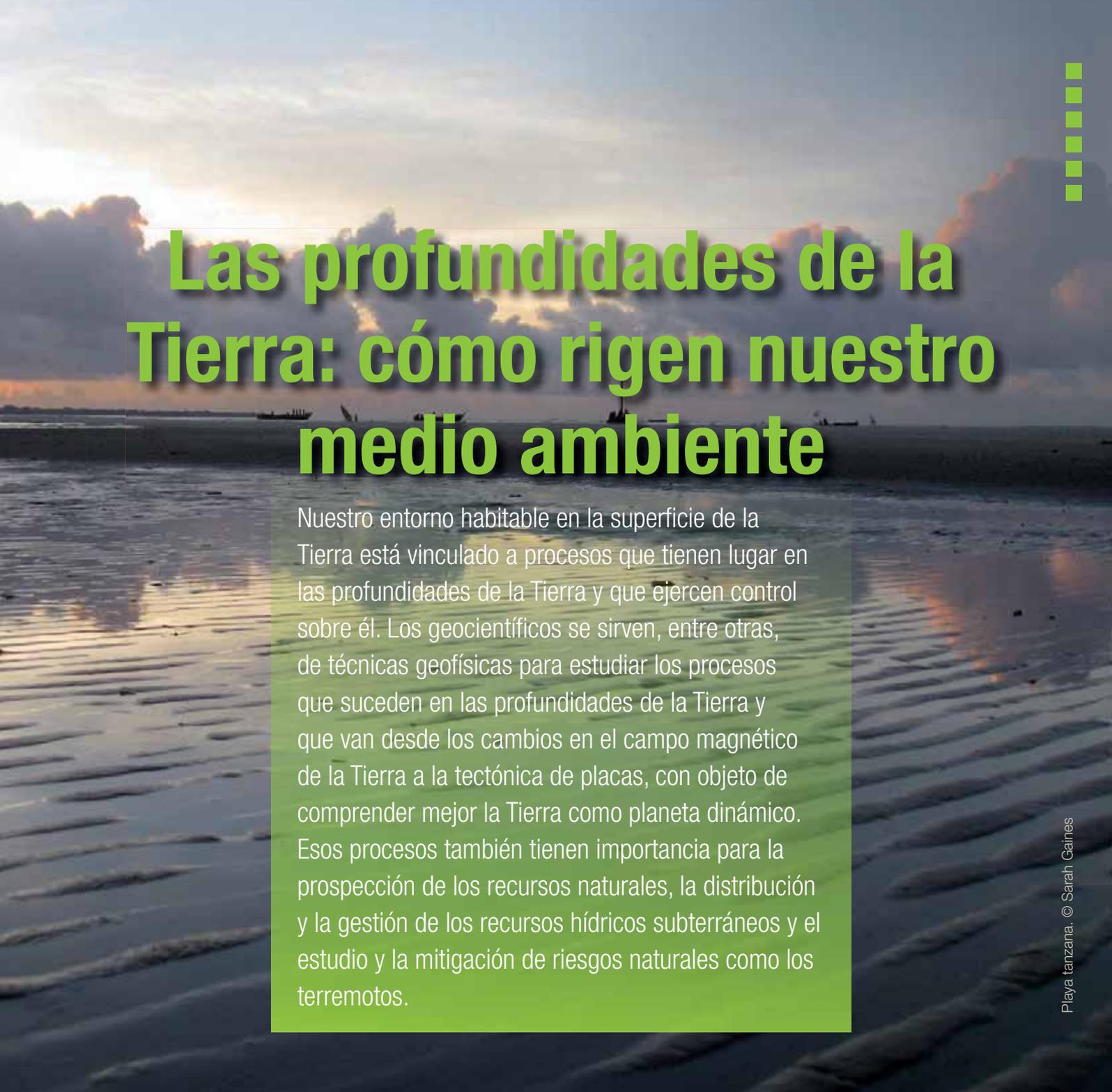
***Rodney Allen**, Lulea University of Technology, Sweden and Boliden Mineral, Sweden; **Fernando Tornos**, Instituto Geológico y Minero de España, Spain; **Jan Peter**, Geological Survey of Canada, Canada; **Namik Çagatay**, Istanbul Technical University, Turkey*

Beneficiarios potenciales de nuevas minas de metal en Marruecos.

© Leslie Albin



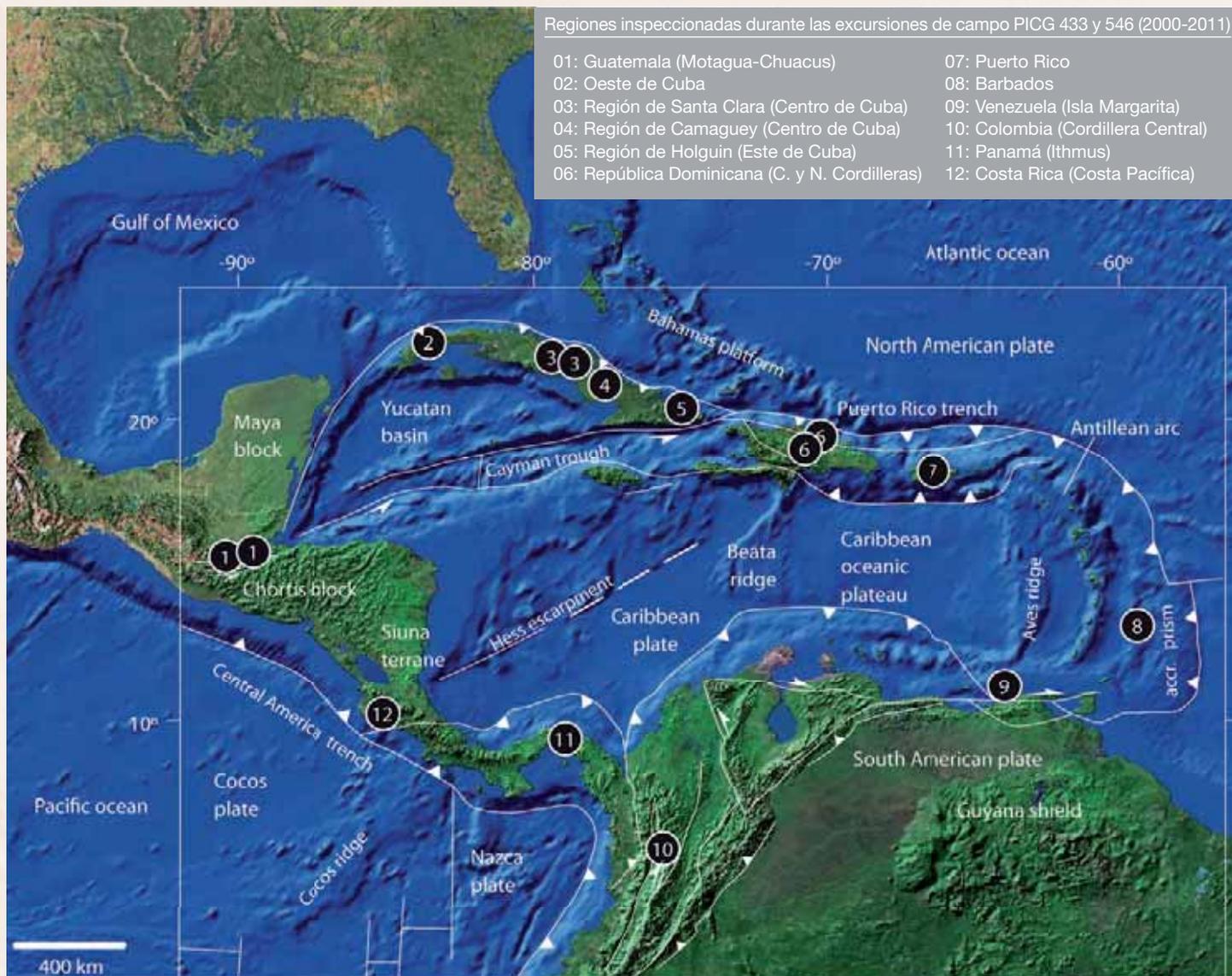




# Las profundidades de la Tierra: cómo rigen nuestro medio ambiente

Nuestro entorno habitable en la superficie de la Tierra está vinculado a procesos que tienen lugar en las profundidades de la Tierra y que ejercen control sobre él. Los geocientíficos se sirven, entre otras, de técnicas geofísicas para estudiar los procesos que suceden en las profundidades de la Tierra y que van desde los cambios en el campo magnético de la Tierra a la tectónica de placas, con objeto de comprender mejor la Tierra como planeta dinámico. Esos procesos también tienen importancia para la prospección de los recursos naturales, la distribución y la gestión de los recursos hídricos subterráneos y el estudio y la mitigación de riesgos naturales como los terremotos.

# PICG 433: La tectónica de placas del Caribe (2000-2004) y PICG 546: Las zonas de subducción del Caribe (2007-2011)



Localización de las excursiones de campo  
PICG 433 y 546 (2000-2011). © Antonio García-Casco

De 2000 a 2005 y de 2007 a 2011, se llevaron a cabo dos proyectos del PICG sucesivos con objeto de alentar y apoyar investigaciones geológicas en la región del Caribe. Al cabo de ese decenio de investigaciones multidisciplinarias, los conocimientos obtenidos por esos proyectos representan un paso adelante en el desarrollo científico y académico de la región, en la prospección de los recursos naturales del territorio y, especialmente, en lo relativo a dotar a la sociedad de un marco más preciso para la prevención de los riesgos geológicos.

Los dos proyectos organizaron cerca de 30 reuniones y talleres sobre el terreno en Alemania, Barbados, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, España, Estados Unidos de América, Guatemala, Italia, Panamá, el Reino Unido, la República Dominicana y Venezuela. Participaron en ellos investigadores y estudiantes de Alemania, Argentina, Australia, Austria, Barbados, Brasil, Canadá, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Cuba, España, Estados Unidos de América, Francia, Guatemala, Hungría, Italia, Jamaica, Japón, México, Nicaragua, Nueva Zelanda, los Países Bajos, Panamá, Perú, Polonia, Puerto Rico, el Reino Unido, República Dominicana, Suiza, Trinidad y Tobago y Venezuela. Los resultados del proyecto pueden consultarse en: <http://www.ig.utexas.edu/CaribPlate/CaribPlate.html> y en: <http://www.ugr.es/~agcasco/PICG546/>.

La finalidad primordial de los proyectos fue suscitar el debate y buscar una metodología consensuada de los modelos de la tectónica de placas sobre el origen y la

evolución de la placa del Caribe. Se avanzó mucho en lo tocante a aclarar y refinar los modelos y comprender detalles críticos de la geología regional y local, los recursos naturales y los eventos geológicos que pueden ser catastróficos. Aunque algunos científicos siguen siendo partidarios de la hipótesis según la cual la placa del Caribe se originó in situ (es decir, en la brecha que se creó entre las Américas durante la ruptura en el Jurásico del supercontinente del Pérmico-Triásico denominado Pangea), otros – probablemente la mayoría – consideran que se formó en el Pacífico y se desplazó hacia el Este en relación con América a partir de mediados del Cretácico (hace unos 120 millones de años) hasta que alcanzó su posición actual entre América del Norte y América del Sur.

Ese desplazamiento fue posible porque el proceso de subducción consumió una cuenca oceánica (el Proto-Caribe o Tetis americana, que ocupaba la brecha interamericana formada durante la ruptura de Pangea). Este desplazamiento continúa actualmente, tal como indican las mediciones del sistema global de determinación de posición (GPS) y procesos geológicos activos como el volcanismo del arco de las Pequeñas Antillas o los grandes terremotos, como los sucesos catastróficos de 1976 en Guatemala (de magnitud 7.5 y 23.000 víctimas) y 2010 en Haití (magnitud 7.0 y 316.000 víctimas).

Ambos proyectos aportaron una larga lista de publicaciones científicas, entre ellas, dos volúmenes especiales consagrados al Caribe, publicados en la revista *Geologica Acta*. Los autores de esos volúmenes y de otros trabajos publicados por miembros de los proyectos

De 2000 a 2005 y de 2007 a 2011, se llevaron a cabo dos proyectos del PICG sucesivos con objeto de alentar y apoyar investigaciones geológicas en la región del Caribe.







han compilado las opiniones actuales sobre el origen y la evolución del Caribe y de las regiones adyacentes. Las preguntas y respuestas formuladas en esos trabajos a comienzos del siglo XXI constituyen un foro útil para guiar y alentar nuevas investigaciones.

Otro logro esencial fue la creación de una plataforma para que los geocientíficos y estudiantes interesados en distintos aspectos de los sistemas geológicos del Caribe se comunicaran e interactuaran como comunidad. Enseñar a los investigadores y estudiantes locales los instrumentos necesarios para analizar conjuntos de rocas y el riesgo geológico fue un aspecto esencial de ambos proyectos. Por ejemplo, se impartieron cursos en la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la Universidad de Granada (España), en la Escuela de Cuadros del Ministerio de la Industria Básica en La Habana (Cuba), en la Universidad Stanford (EE.UU.) y en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Participantes en la excursión de campo realizada en Panamá en 2010 atravesando un río para llegar a los sitios de muestreo.

© Antonio García-Casco

Además, se elaboraron guías para excursiones sobre el terreno con valiosa información geológica básica y se realizaron fotografías, mapas y cortes transversales de zonas clave del Caribe y las regiones adyacentes. Se ha puesto esas guías a disposición de los científicos y de los no especialistas a través de los sitios web de ambos proyectos.

Se redactaron guías de campo de Cuba occidental, región de Santa Clara, Centro de Cuba, la Cordillera Central de la República Dominicana, el Cinturón Mediano y la Cordillera Septentrional de la República Dominicana, el valle de Motagua y la región de Cuacús de Guatemala, el Istmo de Panamá, Isla Margarita en Venezuela y la Cordillera Central de Colombia y la región de Camagüey región, en el centro de Cuba.

Los logros científicos de los proyectos 433 y 546 del PICG representan un importante progreso en la comprensión de

la compleja historia geológica del Caribe y, especialmente, de los procesos geológicos que sucedieron en el pasado y conformaron el presente y la evolución en el futuro del territorio. Esa investigación ha alentado nuevas investigaciones locales y regionales que sobrepasan la tectónica del Caribe y abordan cuestiones más fundamentales de tectónica de placas, recursos naturales y prevención de riesgo geológico.

***Manuel A. Iturralde-Vinent**, Museo Nacional de Historia Natural, Cuba; **Antonio García-Casco**, Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada, Spain and Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-Universidad de Granada, Spain; **Uwe Martens**, Tectonic Analysis Ltd., Walnut Creek CA, USA; **Edward G. Lidiak**, Department of Geology and Planetary Science, University of Pittsburgh, USA*



Alumnos de la Escuela Centroamericana de Geología, Costa Rica, en la excursión “Los cinturones de alta presión del Centro de Guatemala: la zona de sutura de Motagua y el complejo Chuacús”, Guatemala (2007). © Antonio Garcia-Casco



Apprendre comment les sédiments actuels se déposent pour comprendre les conditions de sédimentation du passé.  
© Aloé Schlägenhauf





# Científicos Jóvenes

El Proyecto “Científicos Jóvenes” del PICG fomenta la cooperación internacional entre científicos jóvenes de países en desarrollo y países desarrollados. Su objetivo es enrolar y formar a científicos jóvenes para establecer futuros proyectos que se llevarán a cabo en cooperación. Cada proyecto dura tres años y en él participan por lo menos tres científicos jóvenes de por lo menos dos países; el principal proponente es de un país en desarrollo.

# PICG 586Y: Procesos geodinámicos en los Andes, 32° a 34°S – Interacción entre los procesos a corto y a largo plazo (2010-2012)

El Proyecto “Científicos Jóvenes” es una investigación multinacional, multidisciplinaria y a escala regional que llevan a cabo investigadores jóvenes de países en desarrollo y países desarrollados. También sirve para estimular la interacción y los vínculos en torno a la realización de investigaciones entre diferentes instituciones científicas de América y Europa. Las instituciones participantes son la Universidad de Chile (Chile); el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (Argentina); la Universidad de Comahue (Argentina); el Centro Internacional de Investigación de Terremotos Montessus de Ballore (Chile); la Universidad de Siracusa (EE.UU.); el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) y la Universidad de Toulouse (Francia).

El proyecto evalúa la interacción entre los mecanismos que forman los Andes y los que esculpen su paisaje. Los márgenes continentales convergentes y las zonas de subducción son características primordiales de la tectónica de placas de la Tierra. Las tensiones que se generan en esos límites rigen la deformación interna de la litosfera, lo que da lugar a una elevación topográfica y a la respuesta de procesos concomitantes en la superficie, que está estrechamente vinculada a mecanismos de retroalimentación y a menudo regida por ellos. Las complejas interacciones entre la deformación y los procesos en la superficie en el orógeno andino, relacionado con la subducción de los Andes (un cinturón de rocas deformadas), constituyen el objeto principal de nuestro proyecto de investigación.

Escalando el Aconcagua (Campamento 2) durante la temporada de verano de campo de PICG 586Y a lo largo del transecto 32°40'S en 2010. © Laura Giambiagi

Aunque el período en que se formó la cordillera de los Andes es muy reducido, no sucede lo mismo con las magnitudes y los ritmos que rigen cómo evolucionaron los Andes. Las investigaciones multidisciplinares del PICG 586Y tienen por objeto estudiar la interacción entre la tectónica (de qué manera y con qué rapidez se formó la Cordillera) y los procesos en la superficie (movimientos en masa, erosión fluvial y meteorización) desde el Mioceno (hace unos 23 millones de años) hasta el presente, a fin de mejorar nuestra comprensión de la evolución de los Andes de Chile y Argentina en la zona comprendida entre 32° y 34°S. Concretamente, busca mejorar nuestra comprensión de las relaciones mutuas entre los mecanismos endógenos (dentro de la Tierra) y exógenos (en la superficie de la Tierra o en su proximidad) en la orogénesis, la evolución topográfica, la formación de las cuencas y los incidentes de mega-avalanchas en este segmento del orógeno andino.

Nuestra investigación integra los procesos geodinámicos que afectan a este sector de los Andes utilizando una metodología polifacética que incorpora estudios de campo y estudios

analíticos de geología estructural, geomorfología, geofísica, geotécnica, geocronología, análisis de cuencas, petrología, sismología, mineralogía y análisis isotópico. Todo ello mejorará nuestra comprensión de cómo se están formando los Andes y de cómo están evolucionando en tanto que sistema dinámico. Además, los datos sismológicos permitirán hacerse una idea más precisa de la situación actual de las estructuras de las rocas, y se analizará geotécnicamente su probable vinculación con los corrimientos de tierras.

Los objetivos específicos son comprender las interacciones entre la tectónica, la erosión, la sedimentación y el clima en la parte meridional de los Andes centrales y sus mecanismos de retroalimentación; comprender la evolución geomorfológica-tectónica de la parte meridional de los Andes centrales durante el Plioceno-Cuaternario (los últimos 5,3 millones de años); arrojar luz sobre las relaciones entre la distribución espacio-temporal de los deslizamientos de tierras y la actividad neotectónica; y abordar los riesgos sísmicos y de corrimientos de tierras de la región.



Los Andes constituyen un espectacular laboratorio de campo de la formación de montañas modernas y son un lugar ideal para estudiar las relaciones entre los procesos tectónicos y geomorfológicos. La cordillera andina ofrece la oportunidad única de estudiar la dinámica de un cinturón montañoso y la interacción de la geodinámica y los procesos que tienen lugar en la superficie.

Este proyecto se basa en los resultados y la experiencia de varios proyectos financiados, o pendientes de financiación, encaminados a crear una visión integrada de la geodinámica andina entre los 32° y los 34°S de latitud. Además, la estrecha relación entre la deformación activa y el levantamiento, el

consiguiente crecimiento de la corteza, la actividad sísmica y una gran transición climática que controla los procesos de erosión hacen de este cinturón orogénico de subducción un importante laboratorio natural en el que se puede estudiar la influencia del clima y de la tectónica en la formación de las montañas. Es fundamental para el proyecto la integración de estudios dispares pero relacionados, lo que requiere contactos y diálogo entre los miembros del grupo, sobre el terreno y fuera de él.

Estudios de esta índole son poco corrientes en los Andes, pero está apenas iniciándose una actividad conjunta de geocientíficos argentinos, chilenos, franceses y

Cumbre del Aconcagua, transecto 32°40'S en 2010.  
© Laura Giambiagi





El equipo del PICG 586Y trabajando a lo largo del transecto del río Blanco.  
© Laura Giambiagi



Estratos verticales causados por la deformación tectónica en la zona del Cajón del Maipo (Chile), a lo largo del transecto 33°40'S.  
© Laura Giambiagi





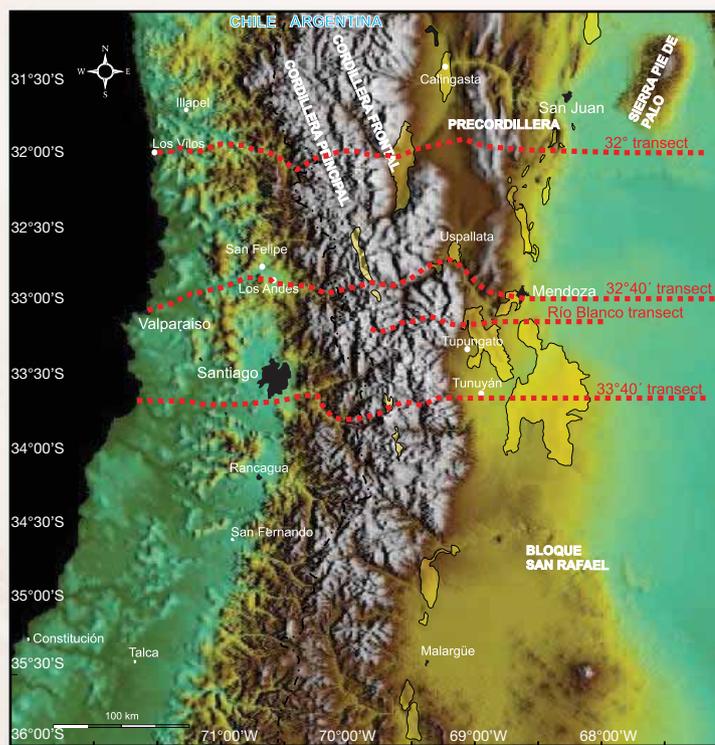
Vista del gigantesco deslizamiento de tierras en las proximidades de la localidad de Las Cuevas (Argentina), cerca de la frontera entre Argentina y Chile, a lo largo del transecto 32°40'S.  
© Laura Giambiagi



estadounidenses, y los resultados preliminares de esta iniciativa ya muestran la importancia de esta labor en colaboración.

Para cumplir este proyecto nos estamos centrando en cuatro transectos del orógeno andino:

- ▶ A 32°S a lo largo de los ríos Blanco y Patos (Argentina)
- ▶ A 32°40'S a lo largo de los valles de los ríos Aconcagua (Chile) y Mendoza (Argentina)
- ▶ A 33°S a lo largo del río Blanco (Cordón del Plata, Argentina)
- ▶ A 33°40'S a lo largo de los valles de los ríos Maipo (Chile) y Tunuyán (Argentina)



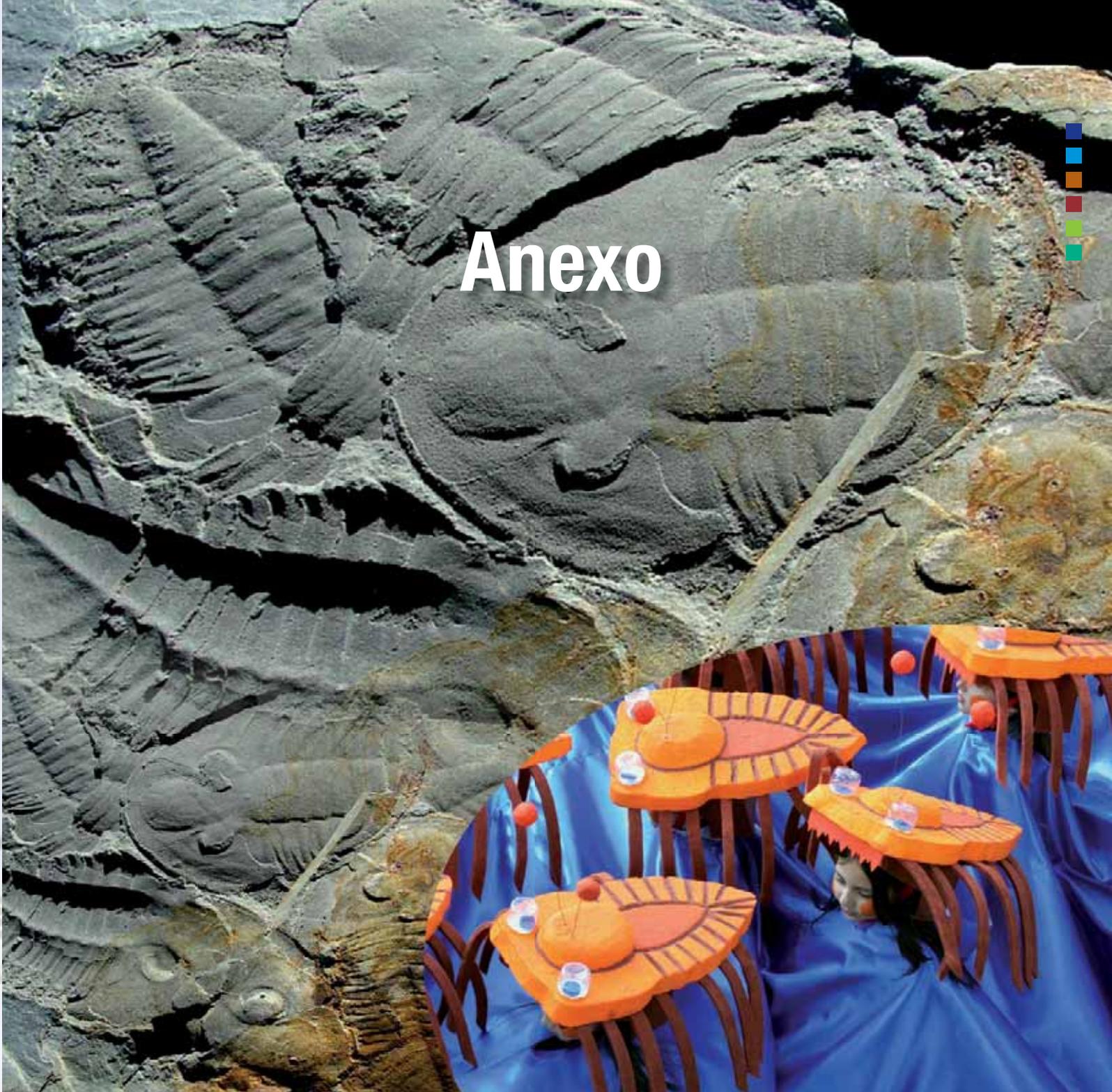
© Laura Giambiagi

A lo largo de esos transectos se han completado diversos estudios integrados y hay otros en curso sobre geología estructural y geomorfología tectónica; geomorfología y estratigrafía del Cuaternario; análisis de corrimientos de tierras; petrografía y análisis de procedencias; y análisis de sismicidad. En cada transecto se integrará y analizará el resultado de varios estudios.

Varios de los resultados previstos se refieren a los aspectos científicos del proyecto, pero uno que guarda relación directa con los beneficios para la sociedad es la detección de lugares propensos a riesgos geológicos. Una consecuencia directa de este proyecto será aportar a los gobiernos y la sociedad un conocimiento básico de los riesgos geológicos que les ayudará a adoptar decisiones con conocimiento de causa y en las que se afronten de manera óptima las limitaciones existentes.

*Luisa Pinto, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Chile; Laura Giambiagi, IANIGLA CCT Mendoza, Argentina; Maisa Tunik, Departamento de Geología y Petróleo, Universidad Nacional del Comahue, Argentina; Sergio Sepúlveda, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Chile; Stella Maris Moreiras, IANIGLA CCT Mendoza, Argentina; Marcelo Farías, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Chile; Greg Hoke, Department of Earth Sciences, Syracuse University, USA*

# Anexo



# Índice científico de proyectos del PICG

## CADENAS MONTAÑOSAS:

ALPINA-MEDITERRÁNEA: 5, 198, 382.

CIRCUMATLÁNTICA: 233.

CIRCUMPACÍFICA: 7, 30, 110, 114, 115, 116, 171, 267, 272, 335, 359, 383, 436.

## CAMBIOS CLIMÁTICOS, CAMBIOS DEL NIVEL DEL MAR, PALEOCLIMATOLOGÍA:

349, 374, 386, 413, 428, 476, 481, 499, 500, 503, 507, 515, 518, 521, 555, 596.

## CORRELACIONES:

2, 5, 6, 7, 25, 32, 96, 99, 107, 108, 118, 144, 148, 165, 166, 200, 203, 216, 220, 226, 245, 262, 306, 373, 378, 381.

## CUENCAS SEDIMENTARIAS Y PROCESOS EN LOS MÁRGENES CONTINENTALES:

32, 124, 132, 369, 419, 464, 482, 489, 585.

## DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA:

PRECÁMBRICO: 2, 22, 91, 99, 108, 144, 160, 204, 234, 236, 247, 257, 371, 418.

ARCAICO: 92, 273, 280, 599.

PROTEROZOICO: 29, 99, 118, 156, 179, 215, 217, 302, 303, 319, 320, 363, 368, 426, 478, 493, 509, 512, 587.

PALEOZOICO: 267, 271, 276, 580.

PRECÁMBRICO-CÁMBRICO: 29, 156, 303, 319, 478.

PALEOZOICO INFERIOR: 41, 192, 193, 270, 351, 366, 410, 421, 491, 503, 591, 596.

PALEOZOICO SUPERIOR: 42, 193, 211, 421, 470, 491, 499, 575, 596.

MESOZOICO: 8, 133, 183, 272.

TRIÁSICO: 4, 106, 142, 203, 359, 458, 467, 572.

JURÁSICO: 171, 322, 458, 506.

CRETÁCEO: 58, 191, 242, 262, 350, 362, 434, 463, 494, 507, 555.

CENOZOICO: 133, 183, 449, 518.

PALEÓGENO: 174, 286, 301, 308, 326, 393, 522.

NEÓGENO: 25, 38, 41, 96, 114, 117, 128, 246, 326, 329, 355.

CUATERNARIO: 24, 41, 61, 201, 218, 253, 274, 281, 296, 353, 367, 378, 396, 405, 437, 495.

## DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA:

ÁFRICA: 108/144, 127, 145, 164, 183, 210, 227, 234, 302, 348, 363, 391, 419, 431, 470, 482, 485, 529, 594, 601.

ASIA: 169, 171, 218, 220, 224, 246, 283, 285, 296, 306, 321, 347, 350, 361, 383, 411, 415, 434, 473, 475, 480, 507, 516, 581.

CARIBE: 165, 364, 433, 546.

EUROPA: 86, 124, 133, 185, 326, 346, 356, 373, 378, 521.

AMÉRICA DEL SUR: 42, 44, 108/144, 120, 192, 193, 201, 202, 204, 211, 242, 245, 249, 270, 271, 279, 281, 297, 301, 322, 342, 345, 381, 586, 604.

## GEOQUÍMICA:

92, 154, 217, 257, 293, 360, 519.

## HIDROGEOLOGÍA – AGUAS FREÁTICAS:

146, 158, 184, 219, 324, 391, 519, 523, 529, 565, 581, 582, 604.

## KARST:

299, 379, 448, 513, 598.

## MAGMATISMO: ENPLAZAMIENTO, COMPOSICIÓN Y PROCESOS:

26, 30, 120, 163, 227, 235, 249, 282, 290, 314, 315, 336, 364, 426, 427, 510.

## METAMORFISMO:

185, 285, 291, 294.

## OFIOLITAS:

39, 161, 195, 197, 256, 364.

## ORÓGENOS:

453, 600.

PRECÁMBRICO: 164, 215, 440.

PANAFRICANO: 164, 288, 348, 419, 470.

CALEDONIO: 27, 60.

VARISCO: 5, 469.

ALPINO: 105, 185.

## PALEOGEOGRAFÍA:

GONDWANA: 236, 237, 288, 321, 351, 359, 368, 376, 411, 421, 436, 450, 471, 478.

TETIS, PERITETIS: 4, 25, 169, 198, 203, 262, 276, 287, 329, 343, 359, 362, 369, 494.

## PALEONTOLOGÍA:

261, 328, 335, 366, 380, 406, 410, 469, 491, 493, 499, 572, 574, 596.

## PROFUNDIDADES DE LA TIERRA; PROCESOS DE LA CORTEZA Y EL MANTO:

304, 345, 400, 414, 420, 430, 474, 482, 559.

## RIESGOS SÍSMICOS, RIESGOS NATURALES:

146, 250, 425, 430, 457, 487, 490, 511, 526, 567, 571, 585, 588, 594, 601, 606.

## ROCAS SEDIMENTARIAS:

115, 116, 187, 269, 344, 347, 374, 432, 447, 463, 545, 580.

## TECTÓNICA, GEODINÁMICA:

100, 202, 206, 356, 400, 480, 508, 524, 546, 574, 586, 600.

## YACIMIENTOS Y RECURSOS MINERALES, PROCESOS DE FORMACIÓN DE LOS MINERALES:

YACIMIENTO: 3, 32, 60, 132, 156, 161, 226, 247, 277, 282, 318, 325, 342, 357, 443, 450, 486, 502, 514, 557, 606.

RECURSOS MINERALES: 126, 143, 157, 166, 220, 320, 473, 479.

PROCESO MINERALIZADOR, METALOGENIA: 6, 23, 26, 91, 111, 169, 197, 254, 255, 291, 302, 336, 373, 427, 473, 540, 600.



# Lista de proyectos del PICG – 1974 a 2011

## (335 proyectos financiados de los 606 sometidos)

No.	Título	Director(es) de proyecto	Duración
1	<b>Accuracy in Time</b>	C.W. Drooger (Netherlands)	1974-1979
2	<b>Correlation of the Precambrian in Mobile Zones</b>	G. Choubert, A. Faure-Muret, (France)	1974-1980, O.E.T. (1 year prolongation without funding)
3	<b>Ore Deposits Separated by Continental Drift</b>	W.E. Petrascheck and F. Hermann, (Austria)	1974-1978
4	<b>Upper Triassic of the Tethys Realm</b>	H. Zapfe (Austria)	1974-1982, O.E.T.
5	<b>Correlation of Prevariscan and Variscan Events of the Alpine-Mediterranean Mountain Belt</b>	H. Flügel (Austria) and F. Sassi (Italy), C. Spassov (Bulgaria)	1976-1986, O.E.T. 1987-1988
6	<b>Correlation of Diagnostic Features in Ore Occurrences of Base Metals in Dolomites and Limestones</b>	L. Kostelka (Austria)	1974-1979
7	<b>South West Pacific Basement Correlation</b>	R.A. Cooper and G.W. Grindley (New Zealand)	1974-1978
8	<b>Mesozoic Chronostratigraphy, New Zealand-New Caledonia</b>	J.A. Grant Mackie (New Zealand)	1974-1979
22	<b>Precambrian in Younger Fold Belts</b>	V. Zoubek (former Czechoslovakia)	1974-1980, O.E.T.
23	<b>Genesis of Kaolins</b>	M. Kuzvart (former Czechoslovakia)	1974-1980
24	<b>Quaternary Glaciations in the Northern Hemisphere</b>	V. Šibrava (former Czechoslovakia)	1974-1983
25	<b>Stratigraphic Correlation of the Tethys-Paratethys Neogene</b>	J. Seněš (former Czechoslovakia)	1974-1983
26	<b>Mineralization Associated with Acid Magmatism</b>	M. Štemprok (former Czechoslovakia)	1974-1980
27	<b>The Caledonide Orogen</b>	B.A. Sturt (Norway)	1974-1985
28	<b>Terminalogía Geocientífica en América Latina: ALEGEO</b>	C. Petzall (Venezuela)	1974-1980
29	<b>Precambrian-Cambrian Boundary</b>	J.W. Cowie (UK)	1974-1984, O.E.T. 1985-87
30	<b>Circum Pacific Plutonism</b>	P.C. Bateman (USA)	1974-1981
32	<b>Stratigraphic correlations between sedimentary basins in the ESCAP region: Mineral Resources Section</b>	ESCAP (Thailand)	1974-1982, O.E.T.
38	<b>Pre-Pleistocene Tillites</b>	W.B. Harland, (UK)	1974-1978
39	<b>Ophiolites</b>	N.A. Bogdanov, (former USSR)	1974-1980
41	<b>Neogene-Quaternary Boundary</b>	K.V. Nikiforova (former USSR)	1974-1984
42	<b>Upper Palaeozoic of South America</b>	A.C. Rocha-Campos (Brazil)	1974-1982
44	<b>Lower Palaeozoic of South America</b>	J.C.M. Turner (Argentina)	1976-1982
53	<b>Ecostratigraphy</b>	A.J. Boucot (USA)	1974-1984, O.E.T. 1985-1986
58	<b>Mid-Cretaceous Events</b>	R.A. Reymont (Sweden)	1974-1982, O.E.T. 1983-1985
60	<b>Caledonian Stratabound Sulphides</b>	F.M. Vokes (Norway)	1974-1983, O.E.T. 1984-1985
61	<b>Holocene Sea-level Changes</b>	A.L. Bloom (USA)	1974-1982, O.E.T.
86	<b>Eastern European Platform (S.W. Border)</b>	K.B. Jubitz (former German Democratic Republic)	1974-1985
91	<b>Metallogeny of the Precambrian</b>	A.V. Sidorenko (former USSR)	1974-1985
92	<b>Archaeo Geochemistry</b>	A.M. Goodwin (Canada)	1974-1983

- 96 **Messinian Correlation**  
M.B. Cita (Italy)  
1975-1979
- 98 **Standards for Computer Applications in Resource Studies**  
A.L. Clark (USA)  
1975-1980
- 99 **Geochronological Correlation of Precambrian Sequences in Stable Zones**  
M. Bonhomme (France)  
1975-1979
- 100 **International Tectonic Lexicon**  
F. Delany (France)  
1975
- 105 **Continental Margins in the Alps**  
D. Bernoulli (Switzerland)  
1975-1980
- 106 **Permo-Triassic Stage of Geological Evolution**  
D.L. Stepanov, (former USSR)  
1975-1985
- 107 **Global Correlation Epochs of Tectogenesis**  
V.E. Khain (former USSR)  
1975-1980
- 108/144 **Precambrian of West Africa and its correlation with Eastern Brazil**  
Y. Yacé, (Côte d'Ivoire)  
1975-1983, O.E.T. 1984-1985
- 110 **Evolution of the South West Pacific Plate Boundaries**  
G.H. Packham (Australia)  
1975-1980
- 111 **Genesis of Manganese Ore Deposits**  
G. Grasselly (Hungary)  
1975-1985
- 114 **Biostratigraphic Datum-Planes of the Pacific Neogene**  
N. Ikebe (Japan)  
1976-1982
- 115 **Siliceous Deposits in the Pacific Region**  
J.R. Hein (USA)  
1975-1981
- 116 **Circum-Pacific Turbidites**  
H. Okada (Japan)  
1976
- 117 **Geological Events at the Mio-Pliocene Boundary**  
J. Aubouin, J.J. Bizon, J.P. Rampnoux and J. Sigal (France)  
1976-1986
- 118/99 **Upper Precambrian Correlations**  
R. Trompette (France)  
1975-1980
- 120 **Magmatic Evolution of the Andes**  
U. Cordani (Brazil) ; E. Linares (Argentina)  
1975-1985
- 124 **North-West European Tertiary Basin**  
H. Tobien (Germany)  
1975-1982
- 126 **Optimum Estimation of Reserves**  
M. David (USA)  
1976
- 127 **Revision of the "Continental terminal" Concept in Africa**  
F. Tessier (France)  
1975-1980
- 128 **Late Cenozoic Magnetostratigraphy**  
G. Kukla (USA)  
1976-1982, O.E.T.
- 129 **Lateritization Processes**  
Geological Survey of India  
1975-1983
- 132 **Basins of iron formation deposition**  
A.F. Trendall (Australia)  
1975-1980
- 133/89 **Geochronology of Mesozoic and Cenozoic Deposits of Europe**  
**Calibration of stratigraphic methods**  
G.S. Odin (France), I. Wendt (Germany)  
1975-1979/1978
- 142 **Palaeomagnetic Studies in the Permo-Triassic of the "Gondwana" Continent**  
IGCP National Committee, Madagascar  
1976
- 143 **Remote Sensing and Mineral Exploration**  
W.D. Carter and L.C. Rowan (USA)  
1976-1982
- 144 **Precambrian of West Africa (accepted for merger with N° 108)**  
P. Tapsoba (Burkina Faso)  
1976
- 145 **West African Biostratigraphy and its Correlations**  
O.S. Adegoke, I. De Klasz (Nigeria), and M. Moullade (France)  
1976-1981
- 146 **River Food and lake-level Changes**  
R. Paepe and L. de Meyer (Belgium)  
1976-1984
- 148 **Quantative Stratigraphic Correlation Techniques**  
J. M. Cubitt, J.C. Brower and J.E. Robinson (USA)  
1976-1983, O.E.T. 1984-1986
- 154 **Global Exchange and Processing of Information in Geochemistry**  
H. de la Roche, J.M. Stussi and Ph. Grandclaude (France)  
1977-1983
- 156 **Phosphorites of the Proterozoic-Cambrian**  
P.J. Cook and J.H. Shergold (Australia)  
1977-1988
- 157 **Early Organic Evolution and Mineral and Energy Resources**  
P.A. Trudinger, M.R. Walter and D.M. Mckirdy (Australia)  
1977-1988
- 158 **Palaeohydrology of the Temperate Zone**  
L. Starkel (Poland) and B. Berglund (Sweden)  
1977-1988
- 160 **Precambrian Exogenic Processes**  
J. Veizer (Canada)  
1977-1986
- 161 **Sulfide Deposits in Mafic and Ultramafic Rocks**  
A.J. Naldrett (Canada)  
1977-1987



- 163 **Design and Generation of a World Data Base for Igneous Petrology**  
F. Chayes (USA)  
1977-1984
- 164 **Pan-African Crustal Evolution**  
A. Al-Shanti (Saudi Arabia)  
1978-1984
- 165 **Regional Stratigraphic Correlation of the Caribbean**  
J.L. Yparraguirre (Cuba)  
1983-1989; O.E.T. 1990
- 166 **Correlation of Coal-bearing Formations**  
P.P. Timofeev (former USSR)  
1978-1987
- 169 **Geotectonic Evolution and Metallogeny in the Eastern Mediterranean and Western Asia**  
S. Jankovic (former Yugoslavia) and W.E. Petrascheck (Austria)  
1979-1984, O.E.T. 1985
- 171 **Circum-Pacific Jurassic**  
G.E.G. Westermann (Canada)  
1981-1985, O.E.T. 1986-1987
- 174 **Geological Events at the Eocene-Oligocene Boundary**  
Ch. Pomerol (France)  
1980-1985
- 175 **Chronostratigraphic Precision**  
N.F. Hughes (UK)  
1981-1983, O.E.T. 1984-1985
- 179 **Stratigraphic methods as applied to the Proterozoic record**  
J. Fabre, J. Sarfati, N. Clauer (France) and G.M. Young  
1981-1986
- 183 **West African Mesozoic and Cenozoic Correlation**  
M. Moullade (France), O.S. Adegoke (Nigeria), B. Peybernes (France)  
1981-1985, O.E.T. 1986-1987
- 184 **Palaeohydrology of Low Latitude Deserts**  
C.R. Lawrence (Australia)  
1981-1985
- 185 **Peri-Aegean Blue Schists**  
I. Godfriaux (Belgium)  
1981-1985
- 187 **Sliceous Deposits**  
J.R. Hein (USA)  
1982-1986
- 191 **Cretaceous Palaeoclimatology**  
E.J. Barron (USA)  
1982-1986
- 192 **Cambro-Ordovician Development in Latin America**  
B. Baldis and G. Aceñolaza (Argentina)  
1982-1986
- 193 **Siluro-Devonian of Latin America**  
M.A. Hünicken (Argentina)  
1982-1986
- 195 **Ophiolites and Lithosphere of Marginal Seas**  
L. Beccaluva (Italy) and N. Bogdanov (former USSR)  
1982-1986
- 196 **Calibration of the Phanerozoic Time Scale**  
G.S. Odin and N.H. Gale (France)  
1983-1983
- 197 **Metallogeny of Ophiolites**  
S. Karamata (former Yugoslavia)  
1982-1986; O.E.T. 1987-1988
- 198 **Evolution of the Northern Margin of the Tethys**  
M. Rakús (former Czechoslovakia)  
1983-1988
- 199 **Rare Events in Geology**  
K.J. Hsü (Switzerland)  
1983-1988
- 200 **Sea-level Correlation and Applications**  
P.A. Pirazzoli (France)  
1983-1987
- 201 **Quaternary of South America**  
H.H. Camacho (Argentina)  
1983-1987
- 202 **Megafaults of South America**  
F. Hervé (Chile)  
1983-1986, O.E.T. 1987
- 203 **Permo-Triassic Events of Eastern Tethys Region and their Intercontinental Correlation**  
Z.Y. Yang (China)  
1983-1987
- 204 **Precambrian Evolution of the Amazonian Region**  
W. Teixeira and C.C.G. Tassinari (Brazil)  
1983-1987
- 206 **Comparison of Active Faults**  
R.C. Buckman (USA), G.Y. Ding and Y.M. Zhang, and Y.M. Zhang (China)  
1983-1988
- 210 **Continental Sediments in Africa**  
C.A. Kogbe, (France) E. Klitzsch (Germany) and J. Lang (France)  
1983-1987 O.E.T. 1988
- 211 **Late Palaeozoic of South America**  
A.J. Amos and S. Archangelsky (Argentina)  
1984-1988; O.E.T. 1990
- 215 **Proterozoic Fold Belts**  
R. Caby (France)  
1984-1989; O.E.T. 1990
- 216 **Global Biological Events in Earth History**  
O.H. Walliser (Germany)  
1984-1991
- 217 **Proterozoic Geochemistry**  
K.C. Condie (USA)  
1984-1990
- 218 **Quaternary Processes and Events in South-East Asia**  
N. Thiramongkol (Thailand), B.K. Tan (Malaysia) and H.M.S. Hartono (Indonesia)  
1984-1988
- 219 **Comparative Lacustrine Sedimentology through Space and Time**  
K. Kelts (Switzerland)  
1984-1990
- 220 **Correlation and Resource Evaluation of Tin and Tungsten Granites in South-East Asia and the Western Pacific Region**  
S. Suensilpong (Thailand) and T. Nozawa (Japan)  
1984-1988

- 224 **Pre-Jurassic Evolution of Eastern Asia**  
K. Ichikawa (Japan)  
1985-1990
- 226 **Correlation of Manganese Sedimentation to Palaeoenvironments**  
B. Bolton (Australia), S. Roy (India)  
1986-1990, O.E.T. in 1991
- 227 **Magmatism and Evolution of Extensional Regions of the African plate**  
A.B. Kampunzu (former Zaire) and R.T. Lubala (France)  
1985-1989; O.E.T. 1990
- 233 **Terranes in the Circum-Atlantic Palaeozoic Orogens**  
J.D. Keppie (Canada) and R.D. Dallmeyer (USA)  
1985-1990, O.E.T. in 1991
- 234 **Precambrian Volcano-Sedimentary Complexes in West Africa**  
I. Yace (Cote d'Ivoire), M.A. Rahaman (Nigeria)  
1989-1994
- 235 **Metamorphism and Geodynamics**  
L.L. Perchuk (former USSR) and M. Brown (UK)  
1985-1989; O.E.T. 1990
- 236 **Precambrian Events in the Gondwana Fragments**  
D.J. Ellis (Australia)  
1986-1990, O.E.T. in 1991
- 237 **Floras of the Gondwanic Continents**  
O. Rösler (Brazil)  
1985-1990, O.E.T. in 1991
- 239 **Exploitation of IGBADAT**  
F. Chayes (USA)  
1985-1989
- 242 **Cretaceous of Latin America**  
W. Volkheimer, J.A. Salfity (Argentina)  
1986-1990
- 245 **Non-Marine Cretaceous Correlation**  
N.J. Mateer (USA), Chen Pei-ji (China)  
1986-1991
- 246 **Pacific Neogene Events in Time and Space**
- R. Tsuchi (Japan)  
1985-1991, O.E.T. 1992
- 247 **Precambrian Ore Deposits related to Tectonic Styles**  
G. Gaál (Finland), Zhang Yixia (China)  
1986-1991, O.E.T. 1992
- 249 **Andean Magmatism and its Tectonic Settings**  
M.A. Parada (Chile), C. Rapela (Argentina)  
1986-1990, O.E.T. 1991
- 250 **Regional Crustal Stability and Geological Hazards**  
Chen Qingxuan (China)  
1986-1987; O.E.T. 1990
- 252 **The Past and Future Evolution of Deserts**  
N. Petit-Maire (France)  
1987-1991
- 253 **Termination of the Pleistocene**  
J. Lundqvist (Sweden)  
1989-1994
- 254 **Metalliferous Black Shales**  
J. Pašava (Czech Republic)  
1987-1991, O.E.T. in 1992
- 255 **Kibaran Metallogeny**  
W. Pohl (Germany), A. Ntugicimpaye (Burundi), D.P.M. Hadoto (Uganda)  
1987-1991
- 256 **Ophiolite Genesis and Evolution of Oceanic Lithosphere**  
N. Bogdanov (former USSR), L. Beccaluva (Italy)  
1988-1992
- 257 **Precambrian Dyke Swarms**  
H.C. Halls (Canada)  
1987-1991
- 259 **International Geochemical Mapping**  
A.G. Darnley (Canada)  
1988-1992
- 260 **Earth Glacial Record**  
M. Deynoux (France)  
1987-1991
- 261 **Stromatolites**  
S. Awramik (USA)  
1987-1991, O.E.T. 1992
- 262 **Tethyan Cretaceous Correlation**  
G. Császár (Hungary), H. Kollmann (Austria)  
1987-1991, O.E.T. 1992
- 264 **Remote Sensing Spectral Properties**  
G.L. Raines, M.H. Podwisocki (USA)  
1987-1991
- 267 **Palaeozoic Terranes in the Circum-Pacific Orogens**  
M.J. Rickard (Australia), Guo Lingzhai (China)  
1989-1993
- 269 **A Global Data Base in Sedimentary Petrology**  
N. Nishiwaki-Nakajima (Japan)  
1988-1992
- 270 **Early Palaeozoic Events in Latin America**  
F.G. Aceñolaza, O.L. Bordonaro (Argentina)  
1988-1992
- 271 **South American Palaeozoic Conodontology**  
M.A. Hünicken (Argentina), M. Suarez Riglos (Bolivia)  
1988-1992, O.E.T. 1993
- 272 **Late Palaeozoic and Early Mesozoic Circum-Pacific Events**  
J.M. Dickins (Australia), Yang Zunyi (P.R. of China)  
1988-1992
- 273 **Achaean Cratonic Rocks of Kasai**  
B.T. Rumyegeri, D. Kapenda (former Zaire)  
1988-1992, O.E.T. 1993
- 274 **Coastal Evolution in the Quaternary**  
O. Van de Plassche (Netherlands)  
1988-1992, O.E.T. 1993
- 275 **Deep Geology of the Baltic Shield**  
R. Gorbatshev (Sweden), F.P. Mitrofanov (former USSR)  
1989-1993
- 276 **Palaeozoic of the Tethys**  
D. Papanikolaou (Greece), P. Sassi (Italy), A.K. Sinha (India) from 1991  
1988-1992, O.E.T. 1993-1994



- 277 **Phanerozoic Oolitic Ironstones**  
J. Petránek (former Czechoslovakia)  
1988-1992
- 279 **Terranes in Latin America**  
G.F. Toussaint (Colombia), F. Herve (Chile)  
1988-1992, O.E.T. 1993
- 280 **The Oldest Rocks on Earth**  
A. Kröner (Germany)  
1988-1992, O.E.T. 1993
- 281 **Quaternary Climates of South America**  
J. Argollo Bautista (Bolivia)  
1989-1993
- 282 **Rare Metal Granitoids**  
Zhu Jinchu (China), P.J. Pollard (Australia)  
1989-1993
- 283 **Evolution of the Palaeoasian Ocean**  
Xiao Xuchang (China), N.L. Dobretsov  
(former USSR), R.G. Coleman (USA)  
1989-1993
- 285 **Metamorphism in Eastern Asia**  
Cheng Yuqi, Dong Shenbao (China)  
Provisionally for 1990
- 286 **Early Palaeogene Benthos**  
L. Hottinger (Switzerland), E. Caus (Spain)  
1990-1994
- 287 **Tethyan Bauxites**  
A. Dangić (former Yugoslavia), A.  
Mindszenty (Hungary), L. Simone (Italy)  
1989-1993, O.E.T. in 1994
- 288 **Gondwanaland Sutures and Fold Belts**  
R. Unrug (USA), G.R. Sadowski (Brazil)  
1990-1995, O.E.T. in 1996
- 290 **Anorthosites and Related Rocks**  
M. Higgins (Canada), J.-C. Duchesne  
(Belgium)  
1990-1994
- 291 **Metamorphic Fluids and Mineral Deposits**  
W. Frank, W. Prochaska (Austria)  
1989-1993
- 293 **Geochemical Event Markers in the  
Phanerozoic**  
H.H.J. Geldsetzer (Canada), Xu Dao-Yi  
(China)  
1990-1993
- 294 **Very Low Grade Metamorphism**  
R.E. Bevins, D. Robinson (UK)  
1989-1993
- 296 **Quaternary in the Asia/Pacific Region**  
J.L. Rau (Thailand), V. Šibrava (Czech  
Republic)  
1989-1993
- 297 **Geocryology of the Americas**  
A.E. Corte (Argentina), Cui Zhijiu (China)  
1989-1993
- 299 **Geology, Climate, Hydrology and Karst  
Formation**  
Yuan Daoxian (China), H. Hotzl (Germany),  
J.W. Hess (USA)  
1990-1994
- 301 **Palaeogene of South America**  
N. Malumián (Argentina), S. Benitez  
(Ecuador)  
1991-1995, O.E.T. in 1996
- 302 **The Structure and Metallogenesis of  
Central African Late Proterozoic Belts**  
M. Wendorff (Botswana), W.M. Katekesha  
(former Zaire)  
1990-1994
- 303 **Precambrian/Cambrian Event Stratigraphy**  
M. Brasier (UK), K.J. Hsü (Switzerland)  
1990-1993
- 304 **Lower Crustal Processes**  
B.J. Hensen (Australia), L.Ya. Aranovich  
(Russian Federation)  
1990-1994
- 306 **Stratigraphic Correlation in South-East  
Asia**  
Dang Vu Khuc (Vietnam), H. Fontaine  
(France)  
1992-1995, O.E.T. in 1996
- 308 **Palaeocene/Eocene Boundary Events**  
M.-P. Aubry (France)  
1990-1994, O.E.T. in 1995
- 314 **Alkaline and Carbonatitic Magmatism**  
L. Kogarko (Russian Federation), J. Keller  
(Germany), K. Bell (Canada)  
1991-1995
- 315 **Rapakivi Granites and Related Rocks**  
I. Haapala (Finland), R.F. Emslie (Canada)  
1991-1995, O.E.T. in 1996
- 317 **Palaeoweathering Records and  
Palaeosurfaces**  
M. Thiry, J.-M. Schmitt (France)  
1991-1995, O.E.T. in 1996
- 318 **Marine Polymetallic Oxides**  
J.R. Hein (USA), Dasgupta (India)  
1991-1995
- 319 **Global Palaeogeography of the Late  
Precambrian and Early Palaeozoic**  
K.B. Soslavinsky (Russian Federation), T.P.  
Crimes (UK)  
1992-1996, O.E.T. in 1997
- 320 **Neoproterozoic Events and Resources**  
N. Christie-Blick (USA), M. Semikhatov  
(Russian Federation)  
1991-1996
- 321 **Gondwana Dispersion and Asian Accretion**  
Ren Jishun (China), J. Charvet (France), S.  
Hada (Japan), I. Metcalfe (Australia)  
1991-1995, O.E.T. in 1996
- 322 **Jurassic Events in South America**  
A.C. Riccardi (Argentina), J. Mojica  
(Colombia)  
1992-1996, O.E.T. in 1997
- 324 **GLOPALS: Global Limnogeology**  
L. Cabrera, P. Anadon (Spain)  
1991-1995
- 325 **Palaeogeography and Authigenic Minerals**  
J. Lucas, L. Prévôt (France)  
1991-1995
- 326 **Oligocene-Miocene Transition in the  
Northern Hemisphere**  
M.A. Akhmetiev (Russian Federation), S.  
Lucas (USA), F. Steininger (Austria)  
1992-1996
- 328 **Palaeozoic Microvertebrates**  
S. Turner (Australia), A. Blicek (France)  
1991-1995, O.E.T. in 1996
- 329 **Neogene of the Paratethys**  
N. Krstić (former Yugoslavia), F. Marinescu

- (Romania)  
1992-1996, O.E.T. in 1997
- 335 **Biotic Recovery from Mass Extinctions**  
D.H. Ervin, E.G. Kauffman (USA)  
1993-1997
- 336 **Intraplate Magmatism and Metallogeny**  
M.L. Zientek (USA)  
1992-1996
- 339 **Geomagnetic Equator**  
Nguyen Thi Kim Thoa (Viet Nam)  
1992-1995
- 341 **Southern Hemisphere Palaeo- and Neoclimates**  
W. Volkheimer (Argentina), P.P. Smolka (Germany)  
1993-1997, O.E.T. in 1998
- 342 **Age and Isotopes of South American Ores**  
M. Zentilli (Canada), C. Dtassinari (Brazil), F. Munizaga (Chile)  
1992-1996, O.E.T. in 1997
- 343 **Stratigraphic Analysis of Peritethyan Basins**  
J. Cavalier (France), E. Dudich (Hungary)  
1992-1996
- 344 **Biosedimentology and Correlation Microbial Buildups**  
J. Cavalier (France), E. Dudich (Hungary)  
1992-1996
- 345 **Andean Lithospheric Evolution**  
M.C. Gardeweg (Chile), R. Pankhurst (UK), C. Rapela (Argentina)  
1993-1997
- 346 **Neogeodynamica Baltica**  
R.G. Garetzky, E.A. Levkov (Belarus), G. Schwab (Germany)  
1994-1997, O.E.T. in 1998
- 347 **Correlation of Ganges-Brahmaputra Sediments**  
Md. Hussain Monsur (Bangladesh)  
1995-1999, O.E.T. in 2000
- 348 **The Mozambique and Related Belts**  
S. Muhongo (Tanzania), S. Berhe (USA)  
1993-1997
- 349 **Desert Margins and Palaeomonsoons since 135 kys BP**  
A.K. Singhvi (India), An Zhisheng (China), E. Derbyshire (UK)  
1993-1997
- 350 **Cretaceous Environmental Change in E & S Asia**  
H. Okada (Japan)  
1993-1997, O.E.T. in 1998
- 351 **Early Palaeozoic Evolution in NW Gondwana**  
B.A. Baldis, F. G. Aceñolaza (Argentina)  
1993-1997, O.E.T. in 1998
- 353 **The Last Interglacial Period in the Circum-Arctic**  
J.V. Matthews Jr. and A. de Vernal (Canada)  
1993-1997
- 354 **Economic Superaccumulations of Metals in Lithosphere**  
Pei Rongfu (China), P. Laznicka (Canada), J. Kutina (USA), D.V. Rundquist (Russian Federation), I. Plimer (Australia), T. Nakajima (Japan)  
1995-1999, O.E.T. in 2000
- 355 **Neogene Evolution of Pacific Ocean Gateways**  
S. Nishimura (Japan), J. Sopaheluwakan (Indonesia)  
1993-1997
- 356 **Carpatho-Balkan Plate Tectonics and Metallogeny**  
E. Vétó-Ákos (Hungary), J. Lexa (Slovakia), S.N. Vlad (Romania)  
1993-1997, O.E.T. in 1998
- 357 **Organics and Mineral Deposits**  
J. Pašava (Czech Republic)  
1993-1997
- 359 **Correlation of Tethyan, Circum-Pacific and Marginal Gondwanan Permo-Triassic**  
Yin Hongfu (China), J.M. Dickins (Australia), A. Baud (Switzerland), Yang Zunyi (China)  
1993-1997
- 360 **Global Geochemical Baselines**  
A.G. Darnley (Canada), J.A. Plant (UK), A.J. Björklund (Finland)  
1993-1997
- 361 **East Asia Activated Zones**  
R. Barsbold, O. Gerel (Mongolia)  
1993-1997, O.E.T. in 1998
- 362 **Tethyan and Boreal Cretaceous**  
J. Michalík (Slovakia), H. Leereveld (Netherlands)  
1993-1997, O.E.T. in 1998
- 363 **Lower Proterozoic of Sub-Equatorial Africa**  
M. Kanika (former Zaire), S. Master (Zimbabwe)  
1994-1998
- 364 **Caribbean Volcanic Arcs and Ophiolites**  
G. Draper (USA)  
1994-1998
- 366 **Ecological Aspects of the Cambrian Radiation**  
A. Zhuravlev, R. Riding (UK)  
1994-1997
- 367 **Late Quaternary Coastal Records of Rapid Change**  
D.P. Scott (Canada)  
1994-1998
- 368 **Proterozoic Events in East Gondwana Deposits**  
M. Yoshida (Japan), M. Santosh (India), C.R. Dissnayake (Sri Lanka)  
1995-1999, O.E.T. in 2000
- 369 **Peritethyan Rift Basins**  
W. Cavazza (Italy), A. Robertson (UK), P. Ziegler (Switzerland)  
1994-1998; O.E.T. in 1999
- 371 **North Atlantic Precambrian (COPENA)**  
R.P. Gorbatshev (Sweden), C.F. Gower (Canada)  
1994-1998, O.E.T. in 1999
- 373 **Correlation, Anatomy and Magmatic-Hydrothermal Evolution of Ore-Bearing Felsic Igneous Systems in Eurasia**  
R. Seltmann (Germany), R. Grauch (USA), A.A. Kremenetsky (Russian Federation)  
1997-2001, O.E.T. in 2002
- 374 **Palaeoclimatology and Palaeo-Oceanography from Laminated Sediments**



- A.E.S. Kemp (UK)  
1994-1998
- 376 Laurentian-Gondwanan Connections**  
V.A. Ramos (Argentina), F. Hervé (Chile), J.D. Keppie (Mexico)  
1994-1998, O.E.T. in 1999
- 378 Circumalpine Quaternary Correlations**  
C. Schlüchter (Switzerland), N.J. Vivic (Slovenia)  
1994-1997, O.E.T. in 1998
- 379 Karst Process and Carbon Cycle**  
Yuan Daoxian (China)  
1995-1999
- 380 Biosedimentology of Microbial Buildups**  
C. Monty (France)  
1995-1999, O.E.T. in 2000
- 381 South Atlantic Mesozoic Correlation**  
E.A.M. Koutsoukos (Brazil), P. Bengtson (Germany)  
1995-1999, O.E.T. in 2000
- 382 Seismotectonics and Seismic Hazard Assessment of the Mediterranean Basin**  
D. Giardini (Italy), K. Makropoulos (Greece), J. Mezcua (Spain), S. Riad (Egypt)  
1996-2000
- 383 Palaeostress, Neotectonics, Geodynamics and Natural Hazards in West Pacific/Asia**  
R.H. Findlay (Papua New Guinea)  
1996-2000
- 384 Impact and Extraterrestrial Spherules**  
C.H. Detre (Hungary), A. Bevan (Australia), B.P. Glass (USA), K. Jakabská (Slovakia), Z. Ouyang (China), E. Papp (Australia), A. Raukas (Estonia), G. Udubasa (Romania)  
1996-2000
- 386 Response of the Ocean/Atmosphere System to Past Global Changes**  
H.H.J. Geldsetzer (Canada), D.M. Banerjee (India), L.R. Kump (USA)  
Z. Sawlowicz (Poland), H. Strauss (Germany)  
1996-2000, O.E.T. in 2001
- 389 Geoenvironmental Evaluation of Coastal Belts in Arab Countries**  
Z.M. Zaghloul, Ferial El-Bedewy (Egypt)  
1995-1999
- 391 Sand Accumulations and Groundwater in the Sahara**  
Farouk El-Baz (USA), Ibrahim Himida (Egypt)  
1995-1999
- 393 Neritic Middle-Upper Eocene**  
E. Caus (Spain)  
1996-2000, O.E.T. in 2001
- 396 Continental Shelves in the Quaternary**  
W. W.-S. Yim (China), P.J. Davies (Australia)  
1996-2000
- 400 Geodynamics of Continental Rifting**  
D. Delvaux (Belgium), A. Khan (UK)  
1996-2000
- 404 Terrestrial Carbon in the Past 125 Ka**  
H. Faure (France), A. Velichko (Russian Federation)  
1996-2000
- 405 Anthropogenic Impact on Weathering Processes**  
P. Sulovsky, J. Zeman (Czech Republic)  
1996-2000, O.E.T. in 2001
- 406 Circum-Arctic Palaeozoic Vertebrates**  
M.V.H. Wilson (Canada), T. Märss, P. Männik (Estonia)  
1996-2000, O.E.T. in 2001
- 408 Rocks and Minerals at Great Depth and on the Surface**  
F.P. Mitrofanov (Russian Federation), D.M. Guberman (Russian Federation), H.-J. Kumpel (Germany)  
1998-2002
- 410 The Great Ordovician Biodiversification Event**  
B.D. Webby (Australia), F. Paris (France), M.L. Droser (USA)  
1997-2001, O.E.T. in 2002
- 411 Geodynamics of Gondwanaland-derived Terranes in E & S Asia**  
S. Hada (Japan), I. Metcalfe (Australia), J.H. Kim (Korea), Tran Van Tri (Vietnam), Jin Xiouchi (China)  
1998-2002, O.E.T. in 2003
- 413 Understanding Future Dryland Changes from Past Dynamics**
- D. Thomas (UK), A.K. Singhvi (India)  
1998-2002, O.E.T. in 2003
- 414 Seismic Ground Motion in Large Urban Areas**  
G.F. Panza (Italy)  
1997-2001
- 415 Glaciation and Reorganization of Asia's Drainage**  
J.T. Teller (Canada), R. Vaikmae (Estonia)  
1997-2001
- 418 Kibarian Events in Southwestern Africa**  
R.M. Key (UK), R. B. Mapeo (Botswana)  
1997-2001, O.E.T. in 2002
- 419 Foreland Basins of the Neoproterozoic Belts in Central-to-Southern Africa and South America**  
M. Wendorff (Botswana), P.L. Binda (Canada)  
1998-2002
- 420 Phanerozoic Crustal Growth**  
Bor-ming Jahn (France), N.L. Dobertsov (Russian Federation)  
1997-2001
- 421 North Gondwanan Mid-Palaeozoic Biodynamics**  
R. Feist (France), J.A. Talent (Australia)  
1997-2001, O.E.T. in 2002
- 425 Landslide Hazard Assessment and Cultural Heritage**  
K. Sassa (Japan)  
1998-2002, O.E.T. in 2003
- 426 Granite Systems and Proterozoic Lithospheric Processes**  
J. S. Bettencourt (Brazil), O. T. Rämö (Finland), W. R. Van Schmus (USA)  
1998-2002, O.E.T. in 2003
- 427 Ore-Forming Processes in Dynamic Magmatic Systems**  
C.M. Leshner, S.-J. Barnes (Canada), H.M. Prichard (UK)  
1998-2002
- 428 Climate and Boreholes**  
V. Čermák (Czech Republic), H. N. Pollack (USA), C. Clauser (Germany)  
1998-2002, O.E.T. in 2003

- 429 **Organics in Major Environmental Issues**  
J. Pašava (Czech Republic), J. Jeník (Czech Republic)  
1998-2002
- 430 **Mantle Dynamics and Natural Hazards**  
M.F.J. Flower (USA), V.I. Mocanu (Romania), R.M. Russo (USA), Nguyen Trong Yem (Viet Nam), Ma Zongjin (China)  
2000-2004
- 431 **African Pollen Database**  
A.M. Lezine (France), A. Sowunmi (Nigeria)  
1998-2002
- 432 **Contourites, Bottom Currents and Palaeocirculation**  
D.A.V. Stow (UK), I.N. McCave (UK), J.-L. Faugeter (France)  
1998-2001
- 433 **Caribbean Plate Tectonics**  
M.A. Iturralde-Vinent (Cuba), E.G. Lidiak (USA)  
2000-2004
- 434 **Land-Ocean Interactions during the Cretaceous in Asia**  
H. Hirano (Japan)  
1999-2003, O.E.T.
- 436 **Pacific Gondwana Margin**  
R.J. Pankhurst, (UK), J.D. Bradshaw (New Zealand), L. Spalletti (Argentina)  
1999-2003
- 437 **Coastal Environmental Change during Sea-Level Highstands**  
C.V. Murray-Wallace (Australia)  
1999-2003
- 440 **Rodinia Assembly and Breakup**  
R. Unrug (USA), C. McA. Powell (Australia)  
1999-2003, O.E.T.
- 442 **Raw Materials of Neolithic Artefacts**  
D. Hovorka (Slovakia), G. Trnka (Austria)  
1999-2002 (on hold)
- 443 **Magnesite and Talc-Geological and Environmental Correlations**  
M. Radvanec (Slovakia), W. Prochaska (Austria), A.C. Gondim (Brazil), Cai Kequin (China)  
2000-2004
- 447 **Proterozoic Molar-tooth Carbonates**  
X. Meng (China), D.G.F. Long (Canada), R. Bourrouilh (France)  
2001-2005
- 448 **World Correlation on Karst Ecosystems**  
Yuan Daoxian (China), C. Groves (USA), G. Messana (Italy)  
2000-2004
- 449 **Global Correlation of Late Cenozoic Fluvial Deposits**  
D. Bridgland (UK)  
2000-2004
- 450 **Proterozoic Sediment-Hosted Base Metal Deposits of Western Gondwana**  
S.S. Iyer (Canada), A.F. Kamona (Namibia), A. Misi (Brazil), J. Cailteux (DR Congo)  
2000-2004
- 453 **Modern and Ancient Orogens**  
J.B. Murphy (Canada), J.D. Keppie (Mexico)  
2000-2004
- 454 **Medical Geology**  
O. Selinus (Sweden), P. Bobrowsky (Canada), E. Derbyshire (UK)  
2000-2004
- 455 **Basement Volcanoes Interplay and Human Activities**  
A. Tibaldi (Italy), M. Garcia (Spain), A.M. Lagmay (Philippines), V.V. Ponomareva (Russian Federation)  
2001-2005
- 457 **Seismic Hazard and Risk Assessment in North Africa**  
D. Benouar (Algeria), G. Panza (Italy), A. El-Sayed Attia (Egypt), T. Benaissa (Morocco), M. Chadi (Tunisia), S. Abdennur (Libya)  
2001-2005
- 458 **Triassic/Jurassic Boundary Events**  
J. Pálffy (Hungary), S.P. Hesselbo (UK), C. McRoberts (USA)  
2001-2005
- 459 **Terrestrial Carbon Cycle**  
J.-L. Probst (France), L. François (Belgium), P.J. Depetris (Argentina), J. Mortatti (Brazil)  
2001-2005
- 463 **Upper Cretaceous Oceanic red beds**  
C. Wang (China), M. Sarti (Italy), R.W. Scott (USA), L.F. Jansa (Canada)  
2002-2006
- 464 **Continental Shelves During the Last Glacial Cycle: Knowledge and Applications**  
F.L. Chiocci (Italy), A.R. Chivas (Australia)  
2001-2005
- 467 **Triassic Time and Trans-Panthalassan Correlations**  
M. J. Orchard (Canada), L. Krystyn (Austria), J. Tong (China), S. Lucas (USA), H. Campbell (New Zealand), F. Hirsch (Japan), K. Ishida (Japan), Y. Zacharov (Russian Federation)  
2002-2006 (OET in 2007)
- 469 **Late Variscan Terrestrial Biotas and Palaeoenvironments**  
C. J. Cleal (UK), B.A. Thomas (UK), S. Opluštil (Czech Republic), Y. Tenchov (Bulgaria), E. Zodrow (Canada)  
2003-2007
- 470 **The 600 Ma Pan-African belt of Central Africa**  
F. Toteu (Cameroon)  
2002-2006
- 471 **Evolution of Western Gondwana during the Late Palaeozoic**  
C.O. Limarino (Argentina), L.A. Buatois (Argentina)  
2002-2006
- 473 **GIS Metallogeny of Central Asia**  
R. Seltmann (UK), A. Dolgoplova (Kazakhstan)  
2002-2006 (OET in 2007)
- 474 **Images of the Earth's Crust**  
Bruce R. Goleby (Australia), L.D. Brown (USA), F.A. Cook (Canada), G.S. Fuis (USA), R.W. Hobbs (UK), D.M. Finlayson (Australia), Songlin Li (China), O. Oncken (Germany)  
2003-2007
- 475 **Deltas in the Monsoon Asia-Pacific Region (DeltaMAP)**  
S. Goodbred, Jr. (USA), Y. Saito (Japan)  
2003-2007



- 476 **Monsoon Evolution and Tectonic-Climatic Linkage in Asia**  
R. Tada (Japan), Hongbo Zheng (China), Boo-Keun Khim (Republic of Korea), P. Clift (UK), S. A. Gorbarenko (Russian Federation), B.N. Nath (India)  
2003-2007
- 478 **Neoproterozoic-Early Palaeozoic Events in South-West-Gondwana**  
C. Gaucher (Uruguay), P. C. Boggiani (Brazil), A. Braun (Germany), H. Frimmel (Germany), J.B. Germs (South Africa), Poiré (Argentina)  
2003-2007
- 479 **Sustainable Use of Platinum Group Elements**  
J. E. Mungall (Canada), M. Iljina (Finland), C. Ferreira-Filho (Brazil)  
2003-2007
- 480 **Tectonics of Central Asia**  
B. Natal'in (Turkey), A. Yin (USA), A. M. C. Şengör (Turkey), M. Kuzmin (Russian Federation), Shuwen Dong (China)  
2005-2009
- 481 **Dating Caspian Sea Level Change**  
S.B. Kroonenberg (Netherlands), S. Leroy (UK)  
2003-2007
- 482/489 **Geodynamics of the East African Rift System / Geophysical Characteristics and Evolution of the South-western Branch of the East African Rift System**  
G. Mulugeta (Sweden)/ A. Atekwana (USA), M.P. Modisi (Botswana), M.N. Sebagenzi (D.R. Congo), J.J. Tiercelin (France)  
2003-2007
- 485 **The Boundaries of the West African Craton**  
N. Ennih (Morocco), J-P. Liégeois (Belgium)  
2003-2007
- 486 **Au-Ag-Telluride-Selenide Deposits**  
N. J. Cook (Norway), K. Kojonen (Finland)  
2003-2007
- 487 **Seismic Microzoning of Latin American Cities**  
J. L. Alvarez Gómez (Cuba), A. Giesecke (Peru), G. F. Panza (Italy)  
2004-2008
- 490 **Environmental Catastrophes**  
S. Leroy (UK)  
2003-2007
- 491 **Middle Palaeozoic Vertebrate Biogeography, Palaeogeography and Climate**  
M. Zhu (China), G. Young (Australia)  
2003-2007
- 493 **The Rise and Fall of the Vendian Biota**  
M. Fedonkin (Russian Federation), P. Vickers-Rich (Australia), J. Gehling (Australia)  
2003-2007
- 494 **Dysoxic to Oxidic Change in Ocean Sedimentation During the Middle Cretaceous: A Study of the Tethyan Realm – “Young Scientists Project”**  
Xiumian Hu (China), K. Bak (Poland), J. Wendler (Germany), N. Tur (Russian Federation)  
2003-2005
- 495 **Quaternary Land-Ocean Interactions**  
A. Long (UK), S. Islam (Bangladesh)  
2004-2008
- 497 **The Rheic Ocean**  
U. Linnemann (Germany), R. D. Nance (USA), M. de Wit (South Africa), E. Bozkurt (Turkey), P. Kraft (Czech Republic), F. Pereira (Portugal), R. A. Strachan (UK)  
2004-2008
- 499 **Devonian Land-Sea Interaction: Evolution of Ecosystems and Climate in the Devonian**  
P. Königshof (Germany), J. Lazauskiene (Lithuania), E. Schindler (Germany), Volker Wilde (Germany) and N. Yalçın (Turkey)  
2004-2008
- 500 **Dryland Change: Past, Present, Future**  
D.Thomas (UK)  
2004-2008
- 501 **Soil Regeneration with Erosion Products and Other Wastes**  
F. J. A. S. Barriga (Portugal), W. S. Fyfe (Canada), O. Leonardos (Brazil), Shengrong Li (China)  
2004-2005
- 502 **Global Comparison of Volcanic-hosted Massive Sulphide Districts**  
R.Allen (Sweden), F. Tornos (Spain), J. Peter (Canada), N. Çagatay (Turkey)  
2004-2008
- 503 **Ordovician Palaeogeography and Palaeoclimate**  
T. Servais (France), D.A.T. Harper (Denmark), J. Li (China), A. Munnecke (Germany), W. Owen (UK), P.M. Sheehan (USA)  
2004-2008
- 506 **Marine and Non-marine Jurassic**  
Jingeng Sha (China), Nicol Morton (France), W. A.P. Wimbledon (UK), Paul E. Olsen (USA), Alberto G. Riccardi (Argentina), Grzegorz (Gregory) Pieńkowski (Poland), Yongdong Wang (China)  
2005-2006 (2009)
- 507 **Palaeoclimates of the Cretaceous in Asia**  
Yong Il Lee (Korea), Xiaoqiao Wan (China), Takashi Sakai (Japan), and Krishnan Ayyasami (India)  
2006-2010
- 508-Y **Volcano Collapse and Fault Activity - “Young Scientists Project”**  
I.Alejandro Petrinovic (Argentina), C. Corazzato (Italy), T. Toulkeridis (Ecuador), A. Concha Dimas (Mexico)  
2005-2007
- 509 **Palaeoproterozoic Supercontinents and Global Evolution**  
S.M. Reddy (Australia), D.A.D. Evans (USA), R. Mazumder (India)  
2005-2009
- 510 **A-type Granites and Related Rock through Time**  
Roberto Dall’Agnol (Brazil), Carol D. Frost (USA), O. Tapani Rämö (Finland), L.J. Robb (South Africa)  
2005-2009
- 511 **Submarine Mass Movements and Their Consequences**  
Jacques Locat (Canada), Juergen Mienert and Roger Urgeles (Spain) - (IOC link)  
2005-2009

- 512 **Neoproterozoic Ice Ages**  
Graham Shields (Australia), Emmanuelle Arnaud (Canada)  
2005-2009
- 513 **Karst Aquifers and Water Resources**  
Chris Groves (USA), Yuan Daoxian (China), Bartolome Andreo-Navarro (Spain), Heather Viles (UK)  
2005-2009
- 514 **Fluvial Palaeosystems: Evolution and Mineral Deposits**  
N. Patyk-Kara (Russian Federation), A. Duk-Rodkin (Canada), Baohong HOU (Australia), Li Ziyang (China), Vladimir Dolgoplov (Kazakhstan)  
2005-2009
- 515 **Coastal Vulnerability Related to Sea Level Change**  
U. Simeoni (Italy), Maria Snoussi (Morocco), Zdravko Belberov (Bulgaria), François Sabatier (France)  
2005-2009
- 516 **Geological Anatomy of East and South East Asia**  
Ken-ichiro Hisada (Japan), Punya Charusiri (Thailand), Byung-Joo Lee (Rep. of Korea), Xiaochi Jin (China)  
2005-2009
- 518 **Fluvial Sequences as Evidence for Landscape and Climatic Evolution in the Late Cenozoic**  
David Bridgland (UK)  
2005-2006
- 519 **Hydrogeology, Hydrochemistry and Management of Coastal Aquifers on the Atlantic Coast of South America**  
Emilia Bocanegra (Argentina), Emilio Custodio (Spain), Marisol Manzano (Spain), Gerson Cardoso (Brazil), Jenny Reynolds Vargas (Costa Rica),  
2005-2009
- 521 **Black sea Mediterranean Corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptation**  
Valentina Yanko-Hombach (Canada), Yucel Yilmaz (Turkey), Pavel Dolukhanov (UK)  
2005-2009
- 522 **Dawn of the Danian**  
Jeffrey D. Stilwell (Australia), Claudia Del Rio (Argentina)  
2005-2006
- 523 **GROWNET – Gobal Ground Water Network**  
Shrikant Daji Limaye (India), Antony J Reedman (UK)  
2005-2009
- 524 **Arc-Continent Collision**  
Denis Brown (Spain), Chi-Yue Huang (Taiwan of China)  
2007-2009
- 526 **Risks Resources and Record of the Past on the Continental Shelf**  
Francesco L. Chiocci (Italy), Lindsay Collins (Australia), Michel Michaelovitch de Mahiques (Brazil), Renée Hetherington (Canada)  
2007(-2011)
- 529 **Availibility of Groundwater Resources in Selected Urban Areas in Southern African Development Community (SADC) Region**  
Imasiku A. Nyambe (Zambia)  
2007-2011
- 534 **Reconstruction of the Past Coastal Environments and its Management**  
Marta Pappalardo (Italy), Florina Grecu (Romania)  
2007(-2011)
- 540 **Gold-bearing Hydrothermal Fluids of Orogenic Deposits**  
P.S. Garofalo (Italy), J.R.Ridley (USA), Vsevolod Prokof'ev (Russian Federation)  
2007-2011
- 543 **Low-temperature Thermochemistry: Applications and Inter-laboratory Calibration**  
Massimiliano Zattin (Italy), J. I. Garver (USA), Vitaliy A. Privalov (Ukraine), Alexei V. Soloviev (Russian Federation), Cornelia Spiegel (Germany), Maarten de Wit (South Africa), Dewen Zheng (China)  
2007-2010
- 545 **Clays and clay minerals in Africa**  
Georges-Ivo E. Ekosse (South Africa)  
2007-2011
- 546 **Subduction zones of the Caribbean**  
Antonio Garcia-Casco (Spain), Uwe Martens (USA)  
2007-2011
- 555 **Rapid Environmental/Climate Change in the Cretaceous Greenhouse World**  
Chengshan Wang (China), Robert Scott (USA), Hugh Jenkyns (UK), Michael Wagreich (Austria), William Hay (USA); Zakharov Y.D. (Russian Federation)  
2007-2010
- 557 **Diamonds, Xenoliths and Kimberlites**  
Holger Sommer (Botswana), Klaus Regenauer-Lieb (Australia), Christoph Hauzenberger (Austria) Jonathan Kashabano (Tanzania), Gétan Moloto-A-Kenguemba (Central African Republic)
- 559 **Crustal Architecture and Landscape Evolution**  
Bruce R. Goleby (Australia)  
2008-2012
- 565 **Geodetic Monitoring of the Global Water Cycle**  
Hans-Peter Plag (USA), Richard S. Gross (USA), Markus Rothacher (Germany), Norman L. Miller (USA), Susanna Zerbini (Italy), Chris Rizos (Australia)  
2008-2012
- 567 **Earthquake Archaeology – Archaeoseismology along the Alpine-Himalayan Seismic Zone**  
Manuel Sintubin (Belgium), Iain Stewart (UK), Tina Niemi (USA), Erhan Altunel (Turkey)  
2008-2012
- 571 **Radon, Health and Natural Hazards**  
Gavin K. Gillmore (UK), Robin G.M. Crockett (UK), Frederic Perrier (France), Tadeusz Przylibski (Poland), Vivek Wailia (Taiwan of China), Bikram Jit Singh Bajwa (India)  
2009-2013
- 572 **Permian-Triassic Ecosystems**  
Zhong Qiang Chen (Australia), Richard J. Twitchett (UK), Jinnan Tong (China), Margret L. Fraiser (USA), Sylvie Crasquin (France), Steve Kershaw (UK), Thomas J. Algeo (USA),



- Kliti Grice (Australia)  
2008-2012
- 574 Bending and Bent Orogens, and Continental Ribbons**  
Stephen T. Johnston, (Canada), Gabriel Gutierrez-Alonso (Spain), Arlo Weil (USA)  
2009-2013
- 575 Pennsylvanian Terrestrial Habitats and Biotas of Southeastern Euramerica**  
Christopher J. Cleal (UK), Stanislav Opluštil (Czech Republic), Isabel van Waveren (Netherlands), Mihai E. Popa (Romania), Barry A. Thomas (UK)  
2010-2014
- 580 Application of Magnetic Susceptibility on Palaeozoic Sedimentary Rocks**  
Anne-Christine da Silva (Belgium), Michael T. Whalen (USA), Jindrich Hladil (Czech Republic), Daizhao Chen (China), Simo Spassov (Belgium), Frederic Boulvain (Belgium), Prof. Devleeschouwer Xavier (Belgium)  
2009-2013
- 581 Evolution of Asian River Systems**  
Hongbo Zheng (China), Liviu Giosan (USA new co-leader 2010), Ryuji Tada (Japan), Peter Clift (UK), Masood Ahmad (India), Zheng-Xiang Li (Australia), Kuo-Yen Wei (Taiwan of China)  
2009-2013
- 582 Tropical Rivers: Hydro-Physical Processes, Impacts, Hazards and Management**  
Edgardo M. Latrubesse (Argentina), Rajiv Sinha (India), Jose C. Stevaux (Brazil)  
2009-2013
- 585 E-MARSHAL: Earth's continental MARGins: aSsessing the geoHAzard from submarine Landslides**  
Roger Urgeles (Spain), David Mosher (Canada), Jason Chaytor (USA), Michael Strasser (Germany)  
2010-2014
- 586-Y Geodynamic Processes in the Andes 32°-34°S**  
Laura Giambiagi (Argentina), Luisa Pinto (Chile), Maisa Tunik (Argentina), Sergio Sepúlveda (Chile), Stella Maris Moreiras (Argentina), Marcelo Farías (Chile), Greg Hoke (USA)  
2010-2012
- 587 Identity, Facies and Time – the Ediacaran (Vendian) Puzzle**  
Mikhail Fedonkin (Russian Federation), Patricia Vickers-Rich (Australia), Jim Gehling (Australia), Guy Narbonne (Canada)  
2010-2014
- 588 Preparing for Coastal Change**  
Adam D. Switzer (Malaysia), Craig Sloss (Australia), Benjamin Horton (USA), Yongqiang Zong (China)  
2010-2014
- 591 The Early to Middle Palaeozoic Revolution**  
Bradley D. Cramer (USA), Živilė Žigaitė (Lithuania), Thijs R.A. Vanderbroucke (France), Kathleen Histon (Italy), Renbin Zhan (China), Guillermo L. Albanesi (Argentina), Michael J. Melchin (Canada), Mikael Calner (Sweden)  
2011-2015
- 594 Impact of Mining on the Environment in Africa (Sponsored by the Swedish International Development Cooperation Strategy)**  
Bohdan Kříbek (Czech Republic), Ewa Cukrowska (South Africa), Benjamin Mapani (Namibia), Imasiku Nyambe (Zambia)  
2011-2014
- 596 Climate Change and Biodiversity Patterns in the Mid-Palaeozoic**  
Peter Königshof (Germany), Thomas J. Suttner (Austria), Iliana A. Boncheva (Bulgaria), Nadezhda G. Izokh (Russian Federation), Phuong Ta Hoa (Vietnam), Thasinee Charoentitirat (Thailand), Johny A. Waters (USA), Wolfgang Kiessling (Germany)  
2011-2015
- 597 Amalgamation and Breakup Pangæa: the Type Example of the Supercontinent Cycle**  
J. Brendan Murphy (Canada), J. Duncan Keppie (Mexico), Cecilio Quesada (Spain), Bill Collins (Australia)  
2011-2015
- 598 Environmental Change and Sustainability in Karst Systems (Sponsored by the Swedish International Development Cooperation Agency)**  
Zhang Cheng (China), Augusto Auler (Brazil), Jiang Yongjun (China), Martin Knez (Slovenia), Bartolomeo Andreo-Navarro (Spain), Yuan Daoxian (China), Chris Groves (USA)  
2011-2014
- 599 The Changing Early Earth (Sponsored by the Swedish International Development Cooperation Agency)**  
Jaana Halla (Finland), Kent C. Condie (USA), Roberto Dall'Agnol (Brazil), Mudlappa Jayananda (India), Martin J. Van Kranendonk (Australia), Hugh Rollinson (UK), Gary Stevens (South Africa), Jin-Hui Yang (China)  
2011-2014
- 600 Metallogenesis of Collisional Orogens (Sponsored by the Swedish International Development Cooperation Agency)**  
Zeqian Hou (China), David Leach (USA), Jeremy Richards (Canada), Richard Goldfarb (USA)  
2011-2014
- 601 Seismotectonics and Seismic Hazards in Africa (Sponsored by the Swedish International Development Cooperation Agency)**  
Mustapha Meghraoui (France), Vungani Midzi (South Africa), Atalay Ayele (Ethiopia), Djillali Benouar (Algeria)  
2011-2014
- 604 Groundwater and Wetlands in Ibero-America**  
Emilia Bocanegra (Argentina), Gerdon Cardoso (Brazil), Emilio Custodio (Spain), Teresita Betancur (Colombia), Marisol Manzano (Spain)  
2011-2015
- 606 Addressing Environmental and Health Impacts of Major and Abandoned Mines in Sub-Saharan Africa (Sponsored by the Swedish International Development Cooperation Agency)**  
Theo C. Davies (South Africa), Benjamin Mapani (Namibia)  
2011-2014

# *Las ciencias de la Tierra al servicio de la sociedad*



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura

Sector de  
Ciencias exactas  
y naturales

