



GIFT - 2012

*Natural Disasters, Global Change, and the
Preservation of World Heritage Sites*

*Geosciences Information for Teachers Workshop
Cusco, Peru, November 15-16, 2012*

European Geosciences Union

GEOFYSICAL INFORMATION FOR TEACHERS (GIFT) WORKSHOP

Cusco, Peru

November 15-16, 2012

Dear Teachers,

Welcome to the Geosciences Information for Teachers (GIFT) workshop sponsored by European Geosciences Union and slightly by the Educational Association Eduea (France), and organized in close collaboration with the local Organizing Committee of the 8th Alexander von Humboldt conference!

GIFT workshops have been organized in Europe in the last 10 years and have taken place during the General Assembly of EGU in Nice (France) and in Vienna (Austria). But it is only more recently that GIFT workshops have been organized in different nations, taking advantage of the scientists and organization participating to the Alexander von Humboldt conference. This workshop in Cusco is the 3rd of the kind, after those of Merida (Mexico) and Penang (Malaysia).

You can find complete information about all these previous GIFT workshops on our web page (<http://www.egu.eu/outreach/gift/workshops/>). Please notice that in the last 3 years we have also developed videos of selected conferences at the GIFT workshops. These conferences can be directly used, free of charge, in your classrooms. They are in English, so that they can help you in introducing your pupils to the language of Earth Science, which is largely English in our modern world.

In the two days of this workshop, we'll have the time to present and discuss only some of the different themes of those discussed in the Alexander von Humboldt conference which is taking place in concomitance here in Cusco: first some talks will address the geological aspects of the Andean cordillera, including recent deformation, both using the technique of paleomagnetism and with a special presentation of classroom activities. The use of satellite observation in assessing potential natural hazards, such as landslides volcanic risks will be addressed by a specialist from the European Space Agency (ESA).

Volcanic and seismic risk will be examined by known specialists in Peru and with a session of small experiments to be conducted in the classroom, developed by different teachers in France.

Finally, the question of the role of geology in the conservation of Machu Picchu world Heritage will be the object of a special conference.

Please don't be shy in asking questions to the scientists addressing you! Showing your interest in the different presentations by asking questions is the best way to thank these scientists who have taken time to prepare their conference especially for you.

The GIFT workshops are kindly sponsored by EGU and different organizations. We would like to continue to offer teachers the opportunity to attend GIFT workshops, but this depends on upon us being able to show our sponsors that teachers have used the new GIFT information and science didactics in their daily teaching. Therefore we ask you to fill out, before you go away, the evaluation forms which are provided here in Cusco.

We are very happy to see you at this GIFT workshop in Cusco!

A handwritten signature in blue ink that reads "Carlo Laj". The signature is written in a cursive, flowing style.

Carlo Laj
Chairman
EGU Committee on Education

Program

European Geosciences Union - General Assembly
GEOSCIENCE INFORMATION FOR TEACHERS (GIFT) WORKSHOP
Cusco, Peru, November 15-16, 2012

*Natural Disasters, Global Change, and the Preservation of
World Heritage Sites*

Thursday November 15

09:00 - 09:30

WELCOME!

Carlo Laj & Carlos Fernandez Baca Laval

PRACTICAL INSTRUCTIONS FOR THE WORKSHOP

Carlo Laj & Carlos Fernandez Baca Laval

Chairman, EGU Committee on Education & Universidad Nacional San
Antonio Abad del Cusco

Chairperson: Carlo Laj

09 :30 – 10 :15

TECTONIC ROTATIONS IN THE ANDES

Pierrick Roperch

Geosciences Rennes

Université de Rennes 1,
France

10:15 – 11:00

**APPLICATION OF EARTH OBSERVATION TECHNIQUES FOR
MONITORING NATURAL DISASTERS USING TOOLS DEVELOPED
BY THE EUROPEAN SPACE AGENCY (PART I)**

Chris Stewart

European Space Agency

Earth Observation Programmes

Frascati (Roma), Italy

11:00 – 11:20

COFFEE BREAK

Chairperson: Orlando Macedo

11:20 – 13:00

**UN MODULO PARA LA ENSEÑANZA DE PROCESOS
GEOLOGICOS A ALUMNOS DE LOS GRADOS 8° A 10°**

Sally Soria –Dengg

GEOMAR

Helmholtz Centre for Ocean Research

Kiel, Germany

13:00 – 15:00 **LUNCH**

Chairperson: Pierrick Roperch

15:00 – 15:45 **EL PELIGRO VOLCANICO Y TECHNICAS DE VIGILANCIA DE VOLCANOS ACTIVOS EN EL PERU**
Orlando Machedo Sanchez
Insituto Geophysico del Peru
Arequipa, Peru

MOVE TO AVH8 PARANINFO UNIVERSITARIO

16:20 - 17:00 ROLE OF THE NATIONAL SCIENTIFIC INSTITUTIONS IN NATURAL DISASTER PREVENTION IN PERU
José Macharé
Instituto Geofisico del Peru, Lima, Lima, Peru

17:00 – 17:20 COFFEE BREAK AND BACK TO GIFT ROOM

17:20 – 18:00 **APPLICATION OF EARTH OBSERVATION TECHNIQUES FOR MONITORING NATURAL DISASTERS USING TOOLS DEVELOPED BY THE EUROPEAN SPACE AGENCY (PART II)**
Chris Stewart
European Space Agency
Earth Observation Programmes
Frascati (Roma), Italy

Friday, November 16, 2012

Chairperson : Sally Soria-Dengg

09:00 – 09:45 **SEISMIC PROTECTION OF EARTHEN STRUCTURES**
Marcial Blondet
Pontifical University
Lima Peru

10:00 – 11:00 **THE GEOLOGY IN THE CONSERVATION OF MACHU PICCHU WORLD HERITAGE**
V́ctor Carlotto^{1,2}, José Cárdenas², Lionel Fidel¹
1 INGEMMET, Lima, Peru
2 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Perú

11 :00 – 11 :20 **COFFEE BREAK**

11:20 – 12:40 **APPLICATION OF EARTH OBSERVATION TECHNIQUES FOR
MONITORING NATURAL DISASTERS USING TOOLS DEVELOPED
BY THE EUROPEAN SPACE AGENCY (PART III)**

Chris Stewart
European Space Agency
Earth Observation Programmes
Frascati (Roma), Italy

13:00 – 15:00 **LUNCH**

15 :00 – 17 :00 **SMALL SEISMIC EXPERIMENTS FOR THE CLASSROOM**

Carlo Laj
Laboratoire des Sciences du Climat et de l'environnement
Gif-sur-Yvette, France &
Committee on Education
European Geosciences Union

End of the Workshop and Goodbye!

Speakers



Pierrick Roperch

Directeur de Recherche
Institut de Recherche pour le
Développement
Now at CNRS
Géosciences Rennes
Université de Rennes 1 – France

Pierrick Roperch received his PhD in Earth Sciences from Université de Rennes 1. He has been a Research Scientist at the Institut de Recherche pour le Développement (IRD, former ORSTOM) since 1984.

From 1995 to 2003, He was working in a cooperation project between IRD and the department of Geology of the "Universidad de Chile" in Santiago. From 1997 to 2003, He also served as IRD Representative in Chile.

His main research areas are in paleomagnetism with applications to Geomagnetism, Tectonics and Volcanism. After a PhD focused on the behavior of the Earth's Magnetic Field during excursions and polarity reversals, Pierrick has been working during the last three years on the secular variation of the Earth's Magnetic Field during the Holocene in South America. In 1985, he participated in a project with Carlo Laj and François Mégarid to study tectonic rotations in the Andes of Northern Peru and Ecuador. Since 1988, He has been working in the Andes of Bolivia, Peru, Argentina and Chile. During his stay in Chile, he installed a paleomagnetic laboratory with several research projects with Chilean colleagues. From 2006, He has been mainly working in the Andes of Southern Peru in a joint project with Dr. Victor Carlotto from the Peruvian Geological Service.

Pierrick Roperch recibió su doctorado en Ciencias de la Tierra de la Universidad de Rennes 1. Ha sido investigador en el Institut de Recherche pour le Développement (IRD, ex ORSTOM) desde 1984. De 1995 a 2003, trabajó en un proyecto de cooperación entre el IRD y el departamento de Geología de la "Universidad de Chile" en Santiago. De 1997 a 2003, se desempeñó además como Representante del IRD en Chile.

Sus principales áreas de investigación están en paleomagnetismo con aplicaciones a geomagnetismo, tectónica y volcanismo. Después de su doctorado acerca del comportamiento del campo magnético de la Tierra durante las excursiones y las inversiones de polaridad, Pierrick ha estado trabajando durante los últimos tres años en la variación secular del campo magnético de la Tierra durante el Holoceno en América del Sur. En 1985, participó en un proyecto de investigación con Dr. Carlo Laj y Dr. François Mégarid sobre las rotaciones tectónicas en los Andes del norte de Perú y Ecuador. Desde 1988, ha estado estudiando la formación del oroclino Boliviano en los Andes Centrales de Perú, Bolivia, Argentina y Chile. Durante su estadía en Chile, instaló un laboratorio de paleomagnetismo, participando en varios proyectos de investigación con colegas chilenos. A partir de 2006, él ha estado trabajando principalmente en los Andes del sur del Perú en un proyecto conjunto con el Dr. Víctor Carlotto del Servicio Geológico del Perú.

Recent Publications.

- ARRIAGADA C., P. ROPERCH, C. MPODOZIS, P. R. COBBOLD , Paleogene building of the Bolivian Orocline: Tectonic restoration of the central Andes in 2-D map view, *Tectonics*, 27, TC6014, doi:10.1029/2008TC002269. 2008.
- ASTUDILLO, N. P. ROPERCH, B. TOWNLEY, C. ARRIAGADA AND V. MAKSAEV Importance of small-block rotations in damage zones along transcurrent faults. Evidence from the Chuquicamata open pit, Northern Chile *Tectonophysics*, 450,1-20. 2008.
- ASTUDILLO, N., P. ROPERCH, B. TOWNLEY, C. ARRIAGADA, A. CHAUVIN, Magnetic polarity zonation within the El Teniente copper-molybdenum porphyry deposit, central Chile, *Mineralium Deposita*, 45,23-41, 2010.
- COBBOLD, PR, ROSSELLO, E., ROPERCH, P., ARRIAGADA, C., GOMEZ L., LIMA, C. Distribution, timing, and causes of Andean deformation across South America *Geological Society, London, Special Publications*; v. 272; p. 321-343; DOI: 0.1144/GSL.SP.2007.272.01.17, 2007.
- CREIXELL, C., M.A. PARADA, P. ROPERCH, D. MORATA, C. ARRIAGADA, AND C. PEREZ DE ARCE, Syntectonic emplacement of the Middle Jurassic Concón Mafic Dyke Swarm, Coastal Range, central Chile (33° S), *Tectonophysics* 425, 101–122. 2006.
- MARTINOD, J. L. HUSSON, P. ROPERCH B. GUILLAUME AND N. ESPURT, Horizontal subduction zones, convergence velocity and the building of the Andes. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 299 (2010) 299–309.
- PAQUEREAU, P., M. FORNARI, P. ROPERCH, J.-C. THOURET, O. MACEDO, Paleomagnetism, magnetic fabric, and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of Pliocene and Quaternary ignimbrites in the Arequipa area, southern Peru, *Bulletin of Volcanology*. 70, 977-997 doi:10.1007/s00445-007-0181-y 2008.
- POBLETE, F., C. ARRIAGADA, P. ROPERCH, N. ASTUDILLO, F. HERVE, S. KRAUS, J.P. LE ROUX, (2011). Paleomagnetism and tectonics of the South Shetland Islands and the northern Antarctic Peninsula, *Earth Planet. Sci. Letters*, 302, 3-4, 299-313.
- ROPERCH, P., T. SEMPERE, O. MACEDO SANCHEZ, C. ARRIAGADA, M. FORNARI, C. TAPIA, M. GARCIA, AND C. LAJ, Counterclockwise rotation of Late Eocene – Oligocene forearc deposits in southern Peru and its significance for oroclinal bending in the Central Andes *Tectonics*, 25, TC3010, doi:10.1029/2005TC001882. 2006.
- ROPERCH, P., V. CARLOTTO, AND A. CHAUVIN (2010), Using anisotropy of magnetic susceptibility to better constrain the tilt correction in paleomagnetism: A case study from southern Peru, *Tectonics*, 29, TC6005, doi:10.1029/2009TC002639.
- ROPERCH, P., V. CARLOTTO, G. RUFFET, AND M. FORNARI (2011), Tectonic rotations and transcurrent deformation south of the Abancay deflection in the Andes of southern Peru, *Tectonics*, 30, TC2010, doi:10.1029/2010TC002725.
- TOWNLEY, B., P. ROPERCH, V. OLIVEROS, TASSARA, A. AND ARRIAGADA, C. (2007) Hydrothermal Alteration and Magnetic Properties of Rocks in the Carolina de Michilla Stratabound Copper District, Northern Chile. *Mineralium Deposita*, DOI: 10.1007/s00126-007-0134-6.

Tectonic rotations in the Andes

Pierrick Roperch
Géosciences Rennes
Université de Rennes 1
35042 France
Pierrick.roperch@univ-rennes1.fr

Paleomagnetism is the study of magnetic properties of rocks and mainly that of their remanent magnetization. Most rocks have indeed the property to record the Earth's magnetic field direction whatsoever, for example during the cooling of volcanic flows or of sediment deposition. It is this property that made paleomagnetism one of the main discipline shaping the theory of plate tectonics. Continental drift has been quantified by the drift virtual geomagnetic poles (polar wander). Seafloor spreading was discovered thanks to the magnetic anomalies associated with polarity reversals of the Earth's magnetic field and recorded in basaltic rocks of the oceanic crust.

After contributing to the knowledge of continental drift, paleomagnetism was then used to quantify the deformation and tectonic rotations mainly in mountain ranges.

In this presentation I will summarize evidences of tectonic rotations in the Andes. Following the pioneering works in the eighties by teams led by well-known paleomagnetists (Masaru Kono, Robert Butler, Myrl Beck, Carlo Laj), the addition of new data has enabled a better understanding of the magnitude, timing and origin of these rotations.



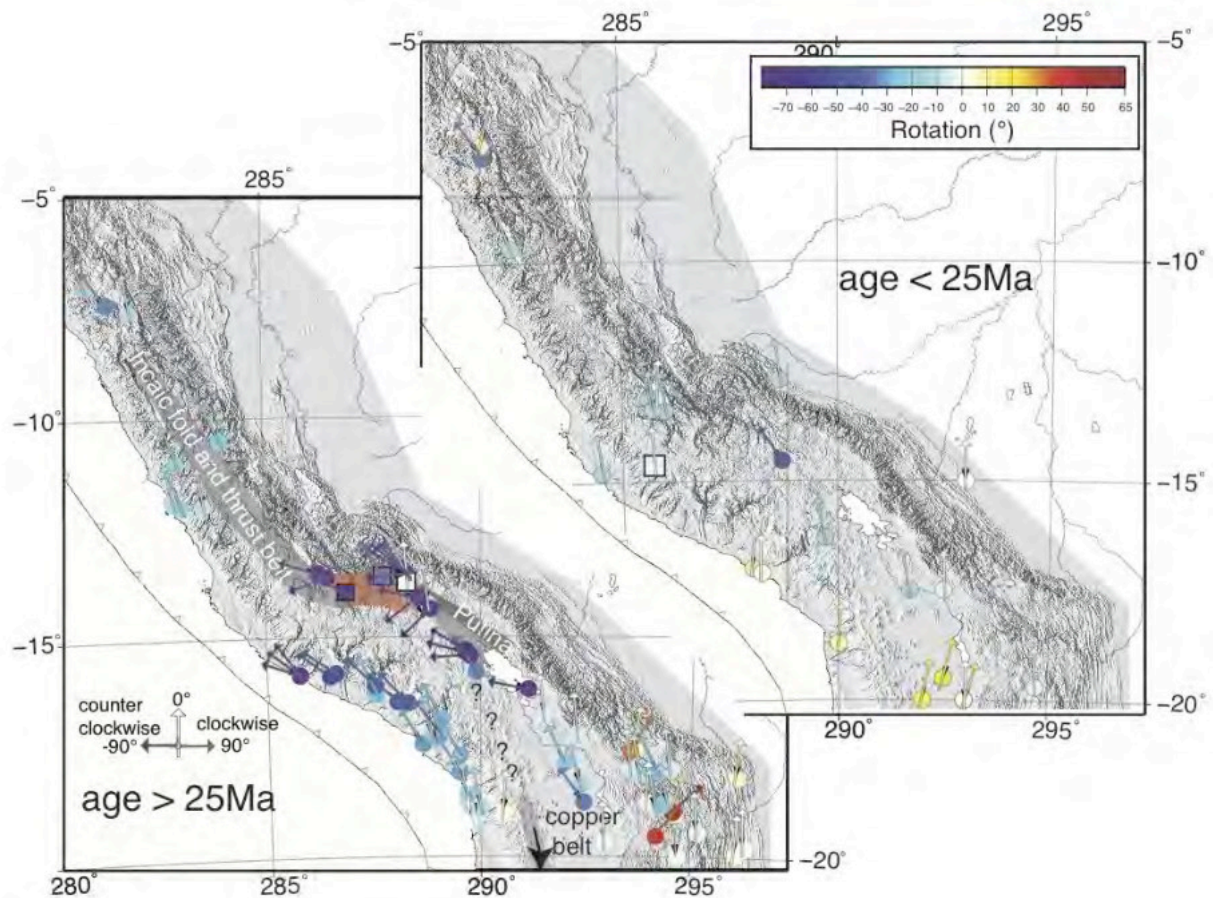
Folded Eocene red beds to the west of Cusco (Peru).
Sedimentos de capas rojas plegados al oeste de Cusco (Perú).

The Andes is a mountain range with the Altiplano-Puna plateau being the second largest high plateau after the Tibetan plateau. However, while the Himalayan range is due to the collision of India with Eurasia, the Andes are not formed by continental collision but by the subduction of oceanic crust beneath the South American continent. Along the Andes, blocks of oceanic origin are observed only along the Ecuadorian and Colombian margin. These blocks record large rotations while being accreted to the continent.

The Central Andes show a marked curvature at Arica (Northern Chile) often referred to as the Bolivian orocline. In northern Chile and Argentina, tectonic structures (folds, faults) are oriented NS or NE-SW while a NW-SE direction is observed in the Andes of southern Peru and Bolivia.

Is this change in orientation of the Andean margin acquired before the formation of the Andes

or is-it the result of deformation and bending of the Central Andes?



Tectonic rotations in southern Peru. (from Roperch et al., 2011)/ *Rotaciones tectonicas en el sur del Perú.*

Paleomagnetic results obtained in the Central Andes demonstrate systematic counterclockwise rotations in the Andes of southern Peru (20 to 60 °) and northern Bolivia. In northern Chile, no rotation is observed between the latitudes of Arica and Iquique. Clockwise rotations are observed south of Antofagasta. These rotations are found in rocks of Mesozoic or Paleogene age. Rotations recorded in Miocene Rocks are in most cases of low amplitude. Paleomagnetism shows therefore a major structuration of the Central Andes between the late Eocene and Oligocene. Subduction of an oceanic plateau in the central Andes during the Oligocene could be the cause of the formation of the Bolivian orocline.

ROPERCH, P., V. CARLOTTO, G. RUFFET, AND M. FORNARI (2011), Tectonic rotations and transcurrent deformation south of the Abancay deflection in the Andes of southern Peru, *Tectonics*, 30, TC2010, doi:10.1029/2010TC002725.

El paleomagnetismo es el estudio de las propiedades magnéticas de las rocas y sobre todo la de su magnetización remanente. La mayoría de las rocas tienen de hecho la propiedad de registrar la dirección del campo magnético terrestre, por ejemplo, durante el enfriamiento de las coladas volcánicas o la deposición de sedimentos. Esta propiedad hizo del paleomagnetismo la disciplina principal de base a la teoría de la tectónica de placas. La deriva de los continentes ha sido cuantificada por la deriva de los polos geomagnéticos virtuales. La expansión del fondo oceánico fue descubierto gracias a las anomalías magnéticas asociadas con inversiones de polaridad del campo magnético de la Tierra y registradas en las rocas basálticas de la corteza oceánica.

Después de contribuir al conocimiento de la deriva continental, el paleomagnetismo se utilizó para cuantificar las rotaciones tectónicas en zonas de deformación, por ejemplo en las cordilleras.

En esta presentación voy a resumir las evidencias de rotaciones tectónicas en los Andes. Siguiendo los trabajos pioneros en los años ochenta de los equipos dirigidos por conocidos paleomagnetistas (Masaru Kono, Robert Butler, Myrl Beck, Carlo Laj), la adición de nuevos datos ha permitido una mejor comprensión de la magnitud, el momento y el origen de estas rotaciones.

La Cordillera de los Andes comprende el Altiplano-Puna que es la segunda más grande altiplanicie después de la meseta tibetana. Sin embargo, mientras que la cordillera del Himalaya se debe a la colisión de la India con Eurasia, los Andes no se forman por la colisión continental, sino por la subducción de la corteza oceánica por debajo del continente sudamericano. A lo largo de los Andes, los bloques de origen oceánico sólo se observan a lo largo del margen de Ecuador y Colombia. Estos bloques registran grandes rotaciones, mientras están aglomerados al continente.

Los Andes Centrales muestran una curvatura marcada en Arica (norte de Chile), a menudo referido como el oroclino boliviano. En el norte de Chile y Argentina, estructuras tectónicas (pliegues, fallas) están orientadas NS o NE-SW, mientras que una dirección NW-SE se observa en los Andes del sur del Perú y Bolivia.

¿Este cambio de orientación del margen Andino es adquirido antes de la formación de los Andes, o es el resultado de la deformación y flexión de los Andes Centrales?

Resultados paleomagnéticos obtenidos en los Andes Centrales demuestran rotaciones sistemáticas en sentido antihorario en los Andes del sur del Perú (20 a 60°) y en el norte de Bolivia. En el norte de Chile, no se observa rotación entre las latitudes de Arica e Iquique. Las rotaciones horarias se observan al sur de Antofagasta. Estas rotaciones se encuentran en rocas de edad Mesozoica o Paleógeno. Las rotaciones registradas en rocas del Mioceno son de baja amplitud en la mayoría de los casos.

El paleomagnetismo muestra por lo tanto, una de las principales fases de la estructuración de los Andes Centrales entre el Eoceno tardío y Oligoceno. La subducción de un Plateau oceánico en los Andes centrales durante el Oligoceno podría ser la causa de la formación del oroclino boliviano.

**Chris Stewart**

Remote Sensing Project Scientist

RSAC Ltd c/o European Space Agency, Earth Observation Programmes (ESA EOP)

E-mail : chris.stewart@esa.int Tel: +39 06941 80647

EDUCATION

-PhD “Remote Sensing Techniques for Subsurface Archaeological Feature Detection” (2010-present)

Tor Vergata University (Rome, Italy)

-MSc “Remote Sensing and Image Processing”
(2001-2002)

University of Edinburgh (Edinburgh, UK)

-BSc “Mathematics with Spanish”
(1997-2000)

University of Stirling (Stirling, UK)

EXPERIENCE

-Consultant scientist at European Space Agency (ESA/ESRIN), providing support to Earth Observation Programmes (EOP)

- Remote Sensing Applications Consultants (RSAC) Ltd. Alresford, UK. (2007-present)

-Remote sensing project scientist

Remote Sensing Applications Consultants (RSAC) Ltd. Alresford, UK. (2005-present)

-English teacher in Hungary

Berlitz language school, Budapest, Hungary (2003-2004)

Chris Stewart

Investigador Científico de Teledetección

RSAC c/d Agencia Espacial Europea, Programas de Observación de la Tierra (ESA EOP)

E-mail : chris.stewart@esa.int Tel: +39 06941 80647

EDUCACION

-Doctorado en “Métodos de teledetección para arqueología” (2010-ahora)

Tor Vergata Universidad (Roma, Italia)

-Post-Grado en “Teledetección y Procesamiento de Imágenes” (2001-2002)

Universidad de Edimburgo (Edimburgo, Reino Unido)

-Matemática con el Español (1997-2000)
Universidad de Stirling (Stirling, Reino Unido)

EXPERIENCIA

-Investigador Científico por el Agencia Espacial Europea (ESA/ESRIN), Programas de Observación de la Tierra (ESA EOP)
Remote Sensing Applications Consultants (RSAC) Ltd. Alresford, Reino Unido. (2007-present)
- Investigador Científico de Teledetección
Remote Sensing Applications Consultants (RSAC) Ltd. Alresford, Reino Unido. (2005-present)
-Profesor de inglés
Berlitz language school, Budapest, Hungría (2003-2004)

PUBLICATIONS - PUBLICACIONES

- [1]. C. Stewart, G. Schiavon, R. Lasaponara, Seasonal and yearly polarimetric time series analysis of Radarsat 2 quad pol data over the area around Rome, European Geosciences Union, Vienna, Austria, 2012
- [2]. F. Sarti, M. Hernandez, J. C. Bigot, S. Dransfeld, A. B. Ruescas, A. Debien, C. Stewart, N. Dore, J. Patruno, Educating in Sustainable Development and World Heritage Conservation Using Space Technologies, Toulouse Space Show, Toulouse, France, 2010
- [3]. C. Stewart, F. Sarti, E. Delvoye, S. Dransfeld, A. B. Ruescas, L. Moser, J. Lichtenegger, P. B. Sorensen, ESA's Website for E-Learning through Earth Observation "Eduspace" and its Associated Educational Image Processing and GIS Software "LEOWorks", Toulouse Space Show, Toulouse, France, 2010
- [4]. E. Delvoye, F. Sarti, C. Stewart, S. Dransfeld, A. B. Ruescas, L. Moser, J. Lichtenegger, P. B. Sorensen, The new Eduspace, ESA's on-line educational tool for Earth observation, International Astronautical Congress, Prague, Czech Republic, 2010
- [5]. P. B. Sorensen, C. Stewart, J. Lichtenegger, F. Sarti, A. Ruescas, L. Moser, S. Dransfeld, B. Stromsholm, F. Serban, Eduspace – the European Earth Observation Website for Secondary Schools, 29th Annual EARSeL Symposium 2009, Crete, Greece, 2009
- [6]. Z. Vekerdy, B. Su, A. van Lieshout, C. Stewart, D. F. Prieto, TIGER Capacity Building Facility – Phase 1, Lessons Learnt, Toulouse Space Show, Toulouse, France, 2008
- [7]. C. Stewart, B. Stromsholm, The PolarEduspace Project, Toulouse Space Show, Toulouse, France, 2008
- [8]. E. Delvoye, C. Stewart, S. Dransfeld, J. Lichtenegger, P. B. Sorensen, B. Stromsholm, M. Fea, E. Loret, A. Kaab, F. Sarti, Upgrade of ESA's e-learning tool "Eduspace" for Earth Observation on the occasion of the International Polar Year, Toulouse Space Show, Toulouse, France, 2008

Application of Earth observation techniques for the monitoring of natural disasters, global change and the preservation of world heritage sites, using educational tools developed by the European Space Agency

Chris Stewart

Remote Sensing Project Scientist
European Space Agency, Earth Observation Programmes (ESA EOP)

During the GIFT 2012 workshop training sessions will be provided by the European Space Agency (ESA) on the monitoring of disasters using satellite Earth observation (EO) data. A first presentation will outline the main EO techniques applied for the monitoring of different types of disaster, together with their strengths and limitations. Some of these techniques will then be demonstrated through practical sessions, in which processing will be undertaken to map the extent of areas affected by disasters. The satellite image processing software used in these practical sessions will include free and open source developed for ESA. The data used in the practical sessions will mainly include ESA data, in particular ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar), MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) and AATSR (Advanced Along Track Scanning Radiometer) - all sensors from the former Envisat satellite. The disasters monitored during the practical sessions will include storm surges, floods, active fires, burnt areas and oil slicks.

During the demonstrations, case studies of disaster monitoring will be taken from the Eduspace website www.esa.int/eduspace. Eduspace aims to provide secondary school students and teachers with a learning and teaching tool. It is meant to be an entry point for space image data, and, in particular, to a widespread visibility of EO applications for education and training. The Eduspace website encourages teachers to use EO data in their curriculum by providing ready-made projects. It is rich in didactical material, especially in local and global remote sensing satellite data. It is a source of ideas about how to introduce space-related matters into the classroom, where full scale examples are also presented. If time permits, other freely available educational material will be presented related to the application of EO to disaster monitoring.

It is hoped that by the end of the training, participants will have a better awareness of the potential and limitations of satellite EO for the monitoring of disasters, more understanding of remote sensing and satellite image processing techniques in general, and a familiarity with the tools and resources freely provided by ESA to teach these techniques and concepts in the classroom.

Durante GIFT 2012 la Agencia Espacial Europea (ESA) dará sesiones de training sobre la supervisión de los desastres usando datos de satélites de observación de la Tierra (EO). Una primera presentación mostrará las principales técnicas de observación de la Tierra aplicadas para la supervisión de diferentes tipos de desastres, con sus ventajas y limitaciones. Algunas de estas técnicas se demostrarán a través de sesiones prácticas, en las que se llevará a cabo un procesamiento para trazar el mapa de la extensión de las zonas afectadas por desastres. El software de procesamiento de imágenes de satélite

utilizado en estas sesiones prácticas incluye programas libres desarrollados por la ESA. Los datos utilizados en las sesiones prácticas incluyen principalmente datos de la ESA, en particular de los instrumentos ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar), MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) y AATSR (Advanced Along Track Scanning Radiometer) - sensores del satélite Envisat. Los desastres supervisados durante las sesiones prácticas incluyen tormentas, inundaciones, incendios activos, áreas quemadas y mareas negras.

Durante las sesiones prácticas, se muestran ejemplos de supervisión de desastres de la página web de Eduspace www.esa.int/Eduspace. Eduspace tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes de secundaria y a sus profesores una herramienta de aprendizaje y enseñanza. Quiere ser un punto de entrada para datos de imágenes espaciales, y, en particular, dar una amplia visibilidad de las aplicaciones de EO para la educación y la formación. El sitio web de Eduspace estimula a los maestros a utilizar los datos de observación de la Tierra en sus planes de estudios, proporcionando proyectos ya preparados. Es rico en material didáctico, especialmente en datos satelitales locales y globales. Es una fuente de ideas sobre cómo introducir los temas espaciales en el aula. Se espera que al final del curso, los participantes tengan un mejor conocimiento de las posibilidades y limitaciones del uso de EO para supervisar desastres, más comprensión de la teledetección por satélite y las técnicas de procesamiento de imágenes satelitales en general, y familiaridad con las herramientas y los recursos proporcionados gratuitamente por la ESA para enseñar estas técnicas y conceptos en las aulas.



Dr. Sally Soria-Dengg

GEOMAR
Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel
Düsternbrooker Weg 20
D-24105 Kiel
Germany

Phone: (49) 431 600 4038
E-Mail: sdengg@geomar.de

Sally Soria-Dengg was awarded her Bachelor and Master of Science in Zoology from the University of the Philippines in Quezon City. While doing her Masters thesis, she taught undergraduate courses in Vertebrate Anatomy and Physiology at the same university. After her Masters studies she went to Germany to pursue doctoral studies on a scholarship grant from the Konrad-Adenauer-Foundation. She received her Ph.D. in Marine Biology from the Christian-Albrechts University in Kiel with a dissertation on the heavy metal uptake of mussels and oysters. After her Ph.D. she returned to her old university in the Philippines where she continued research on toxicity of metals on juvenile mussels and on seagrass. While there she also taught graduate and undergraduate courses on marine science. After one and a half years she went back to Kiel to work at the then Leibniz Institut für Meereskunde, now GEOMAR | Helmholtz Centre for Ocean Research. She did research on the uptake of iron by marine phytoplankton focusing on the role of bacterial siderophores as iron carriers and on phytoplankton-bacteria interactions.

In 1995 she went to the USA and did some research work at the Princeton University. She returned to Germany in 1997 and devoted her time to her two daughters. She resumed her career going into an entirely different field. She is now involved in the school co-operations programme of GEOMAR, acting as a conduit between research and schools in Kiel and neighbouring towns. She worked as the regional coordinator for Kiel in the EU-funded CarboSchools project, where she designed and tested experiments on climate change and ocean acidification for pupils. Presently, she coordinates the school projects of the Collaborative Research Centres, SFB 574 and 754, at GEOMAR dealing with “Volatiles and Fluids in Subduction Zones” and “Climate - Biogeochemistry Interactions in the Tropical Ocean”, respectively. Sally gives teacher-training courses in Kiel and suburbs regularly and has also classroom experience through the different after-school courses she offers for interested and motivated pupils. She organises and teaches in summer schools on different marine science topics for pupils in the upper level secondary schools. She also supervises different group and individual research projects of pupils and has initiated and taken part in international teacher and school co-operations.

She designed the present module as part of an initiative to introduce more hands-on experiments in geology for pupils in German schools, to increase the interest for the subject among pupils.

Un módulo para la enseñanza de procesos geológicos a alumnos de los grados 8° a 10°

Sally Soria-Dengg

*GEOMAR | Helmholtz Centre for Ocean Research
Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel
E-mail: sdengg@geomar.de*

Resumen

El taller introducirá un módulo diseñado para dar una introducción de los aspectos básicos de la tectónica de placas y procesos asociados a alumnos con edades de 12 a 16 años. El módulo incluye cinco experimentos y tres actividades, abarcando temas que van desde las fuerzas responsables del movimiento de las placas tectónicas hasta el estudio de flujos piroclásticos utilizando modelos análogos. La mayoría de los experimentos pueden ser realizados con materiales disponibles en supermercados o ferreterías. Desafortunadamente, la construcción de modelos análogos como cajas de arena, que son utilizadas en uno de los experimentos, requieren una mayor inversión de tiempo y dinero, sin embargo los modelos pueden ser utilizarlos por muchos años y por otros experimentos.

En el texto que sigue se describen los experimentos y actividades individuales y los procedimientos detallados estarán parcialmente disponibles (en inglés) durante el taller. Aquí se muestran en el orden en cómo serán realizados en el curso. Algunos experimentos particulares serán realizados o demostrados durante el taller, mientras que otros serán mostrados por medio de videos.

Actividad 1: “El tiempo – una unidad de medida relativa”

Este es un ejercicio al inicio del curso para aumentar la conciencia de los alumnos de la escala del tiempo geológico. Esto es importante para mostrarles que los experimentos siguientes son modelos y simulaciones de procesos terrestres, que pueden durar millones de años, haciéndolos apreciar la importancia de los modelos análogos para estudiar este tipo de procesos. El ejercicio fue adaptado de una actividad descrita por Jacobsen (*Grasping time and space from personal life projects to galactic life cycles using physical and virtual installations near the citizen, en prensa*), donde se construirá una línea de tiempo con una escala de 1 mm correspondiente a 100 años. Antes de la actividad, los alumnos deberán estimar cuanto tiempo duraron algunos eventos geológicos e históricos, por ejemplo la duración de la última época glacial y cuánto tiempo existieron los dinosaurios en la Tierra, o poner algunos eventos de la historia geológica o evolutiva de la tierra en orden cronológico correcto. Los alumnos recibirán una tabla con varios eventos de la historia de la tierra con el número de años que han pasado desde entonces.

Seguidamente, se repartirá un mapa del área alrededor de la escuela mostrando algunos sitios previamente medidos (con ayuda de Google Earth) y los alumnos deben identificar los puntos en el mapa que son asignados a un evento específico. Ellos deben identificar los sitios no solamente en la clase, sino que también tienen que caminar la ruta histórica mostrada en el mapa. Esta actividad concientiza los alumnos de la duración del tiempo de una vida se reduce a solamente una fracción de milímetro de la historia de la tierra, la cual correspondería con varios kilómetros.

(Duración: 1 hora) (Materiales: papel de dibujo, metro plegable, mapas preparados, tabla de eventos geológicos) (apto por alumnos jóvenes y mayores).

Experimento 1: “Cuáles son las fuerzas que provocan la tectónica de placas?”

Este es un experimento simple, que utiliza materiales simples disponibles en supermercados y que permiten modelar varias fuerzas tectónicas, incluyendo la extensión en las dorsales oceánicas, fuerzas deformadoras y de fricción entre el manto terrestre y la corteza sobreyacente y el tiro gravitacional ejercido por la placa que se subduce. Las corrientes de convección son mostradas simplemente al agregar una gota de colorante alimentario al fondo de una sartén y se calienta con una candela colocada directamente debajo. En la segunda parte del experimento, se coloca una gota de detergente en lugar del colorante alimentario; y se esparce pimienta molida sobre la superficie del agua, representando la corteza de la tierra. Después de calentar el detergente con la candela, se forma una ruptura en la superficie de la capa de pimienta, correspondiente con la formación de una dorsal. Después de varios minutos, la grieta aumenta de tamaño pero limitadamente, mostrando así que la fuerza de empuje de las dorsales sola no es suficiente para generar el movimiento de las placas (Fig. 1). Los alumnos pueden observar el movimiento de algunas partículas de pimienta a lo largo del contacto del agua con la superficie de pimienta: esto ilustra las fuerzas de fricción entre el manto y la corteza. La tarea por los alumnos consiste en pensar de qué forma se puede ensanchar más la ruptura en la corteza.

Ellos tendrán el reto de producir una simulación del proceso de subducción. Este experimento se realiza después de que los alumnos han aprendido el principio básico en una clase sobre tectónica de placas y zonas de subducción.



Fig. 1. (de izquierda a derecha) Imágenes ilustrando la iniciación y el ensanchamiento de la ruptura en la corteza de la Tierra (representado por la capa de pimienta), producida por convección térmica.

(Duración: 20 minutos) (Materiales: molde de vidrio transparente, candelas, pimienta negra (molida), jeringas, cubitos de hielo, lavavajilla, colorante alimentario)

Experimento 2: “Experimento de deslizamientos”

Este es un experimento clásico practicado en algunas escuelas para demostrar la (im)predictibilidad de terremotos. Un bloque de madera es empujado con un elástico a lo largo de una superficie plana (Fig. 2). Los alumnos miden y anotan los “eventos de deslizamiento” mientras empujan el tronco una distancia de aproximadamente 2 metros. En los experimentos siguientes varían los factores que afectan la magnitud y frecuencia de los deslizamientos. Esto puede lograrse agregando pesos al bloque de madera o modifican la rugosidad de la superficie. Las medidas serán graficadas en papel milimétrico y los resultados serán procesados para describir la distribución de la frecuencia de los eventos de deslizamiento. Este experimento dará una idea a los alumnos de la dificultad de predecir terremotos.



Fig. 2. Alumnos realizando el experimento (Duración: 1 hora) (Materiales: bloque de madera, metro plegable, elásticos, pesas, papel

de lija)

Experimento 3: “Simulación de la formación de montañas y dorsales usando una caja de arena”

Una caja de arena es un equipo muy útil para mostrar la formación de montañas y dorsales en clase. La caja puede ser construida siguiendo las instrucciones en <http://rocktraumacenter.wikispaces.com/Sand+Box+Design>. La caja está rellena con arena de diferentes tamaños de grano y colores, para hacer visible la formación de fallas (Fig. 3). Uno puede también utilizar materiales como pan rallado, harina de trigo o de maíz, cada material representando las diferentes características entre las distintas capas que forman la corteza de la Tierra. Las capas de arena pueden ser comprimidas (para la formación de montañas u orogénesis) o extendidas (formación de valles), y los alumnos pueden aprender cómo los diferentes materiales responden a la fuerza aplicada. Este experimento clásico ilustra lo que pasa cuando placas colisionan o divergen.



Fig. 3. Alumnos miden el ángulo de las fallas formadas durante los experimentos de compresión en la caja de arena.

(Duración: 1 hora) (Materiales: caja de arena, arena de diferentes colores, harina de trigo, harina de maíz, pan rallado)

Experimento 4: “Qué determina la intensidad de una erupción pliniana?”

Se trata de dos experimentos cortos y divertidos que solamente requieren de materiales muy simples que se encuentran en la vida cotidiana. El experimento de la Coca Cola dietética-Mentos experimento está modificado para mostrar cómo el largo del conducto volcánico influye en la velocidad con la que el magma sale durante una erupción. Mangueras de silicón con diferentes longitudes se fijan en la boca de la botella de refresco gaseoso donde se deja caer la pastilla de Mentos. Los alumnos miden la velocidad, el volumen y la altura de la explosión. En el segundo experimento, los alumnos simplemente comparan las burbujas formadas en agua hirviendo con aquellas que se forman al cocinar un flan. La viscosidad de los dos líquidos es diferente, por eso el gas (vapor de agua) tiende a escapar de diferentes maneras del líquido.

(Duración: 20 Minutos) (Materiales: cocina, olla, agua, Mentos, refresco de soda, manguera de silicón)

Experimento 5: “Corrientes de densidad: Modelando el comportamiento de flujos piroclásticos”

Utilizando tanques de construcción especial, los alumnos pueden simular el comportamiento de corrientes de densidad piroclásticas. Los tanques largos rectangulares están hecho de plástico acrílico y están equipados con cuñas desmontables con varios ángulos de inclinación (Fig. 4). Se colocan líquidos de distintas densidades y se permite que fluyan pendiente abajo de las cuñas y los alumnos miden la velocidad y la distancia recorrida por el frente de la corriente de densidad. La densidad del líquido se ajusta variando la salinidad, la temperatura o agregando arena u otras partículas de diferentes tamaños al fluido para crear una suspensión. Con la ayuda de este experimento, los alumnos observan y aprenden cómo y cuales factores influyen en el movimiento de flujos piroclásticos pendiente abajo.



Fig. 4. Comportamiento de los flujos de gravedad piroclásticos son observados en un tanque acrílico.

(Duración: 1 hora o más) (Materiales: tanques de plástico acrílico especialmente contruidos, sal, agua caliente y fría, colorante alimentario, arena, almidón de maíz)

Actividad 2: “El juego de la tefra”

Primeramente se insta a los alumnos a construir mapas de isopacas usando depósitos de volcanes hipotéticos. Después de comprender cómo se construyen estos, los alumnos se dividen en grupos y cada uno de ellos deberá construir sus propios depósitos de tefra en columnas transparentes utilizando diferentes materiales comestibles (por ejemplo chocolate, azúcar, nueces), cada uno representando materiales provenientes de un volcán específico (Fig. 5). El maestro prepara una cuadrícula en un mapa, sobre la cual los alumnos colocan dos o tres volcanes hipotéticos. Ellos deben idear un escenario de volcanismo en su área, incluyendo la cronología de eventos eruptivos, duración e intensidad de las erupciones, velocidad y dirección del viento, y crear las capas de tefra correspondientes en las columnas transparentes. Finalmente, los grupos intercambiarán las columnas y los mapas, y cada grupo tratará de reconstruir la historia volcánica pensada por otro grupo (Fig. 6).

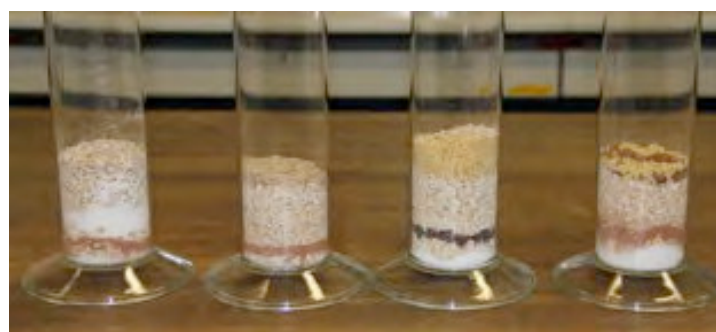


Fig. 5. Las columnas de tefra (hechas de alimentos) en los cilindros de vidrio.



Fig. 6. Los alumnos discuten y reconstruyen la historia volcánica de una cierta región, basados en las columnas de tefra.

(Duración: 45 Minutos) (Materiales: alimentos de diferente granulometría (por ejemplo cubos de azúcar, azúcar refinada, azúcar en polvo, nueces enteras, nueces picadas, nueces en polvo), vasos de plástico transparentes o botellas de agua a las que se les ha cortado el cuello)

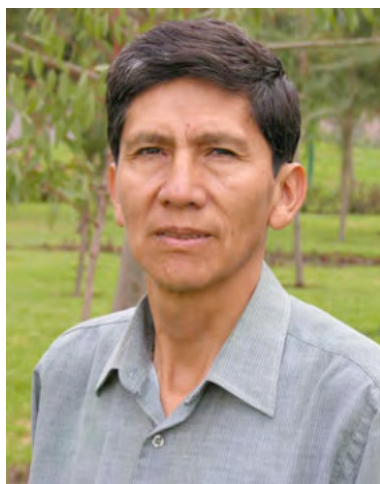
Actividad 3: “El juego de la tectónica de placas”

Los alumnos recortan las placas de la tierra, utilizando cartulina dura. Dependiendo del tamaño de los continentes encima de la placa, a uno o dos alumnos se les asigna modelar los continentes con arcilla, considerando la escala (Fig. 7). El profesor indicará a los alumnos estructuras especiales, como por ejemplo el Rift de África oriental o la dorsal del Atlántico Medio que cruza Islandia. Cuando los modelos están terminados, los alumnos se reúnen para construir juntos un mapa del mundo actual. Ellos recibirán información de cuán rápido se mueven las placas en relación con las otras. Después, el profesor dará un cierto número de años en el futuro entre 20 y 150 millones, y los alumnos deberán mover las placas conformemente, tomando en cuenta zonas de subducción, de extensión y las zonas orogénicas. Si se desea se pueden tomar fotos de cada etapa y estas pueden unirse posteriormente para obtener un vídeo de los movimientos.



Fig. 7. Alumnos modificando la posición de las placas tectónicas en los diferentes intervalos de tiempo en el futuro (millones de años).

(Los alumnos se divierten mucho con esta actividad. Su duración depende del grado de detalle que ellos quieran incluir en sus modelos. Hay alumnos que insisten en representar todas las montañas y volcanes en sus continentes.) (Materiales: arcilla de modelaje o plastilina en diferentes colores, reglas, cartón azul, mapa del mundo).



Orlando Macedo Sánchez

Investigador Científico, Instituto Geofísico del Perú
Responsable, Observatorio Vulcanológico de Arequipa
Profesor, Métodos geofísicos en Vulcanología, Universidad
Nacional San Agustín-Arequipa-Perú
E-mail : orlando.macedo@igp.gob.pe
Tel/Fax: 51-54-251373

EDUCACION

-Post-Grado en “Metodologías de Vigilancia Volcánica con Énfasis en Deformación”
(2003)
Universidad Nacional de Heredia (Costa Rica)

-Post-Grado en “Evaluación del Peligro Volcánico y Monitoreo de Volcanes Activos”
(2002)
University of Hawaii at Hilo (USA) y el United States Geological Survey (USGS)

-Doctorado en Geodinámica: Física de la Tierra (1993)
Université d’Orsay – Paris XI , Francia

-Ingeniero Geofísico (1981)
Facultad de Geología y Geofísica
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.

EXPERIENCIA

-Investigador científico y Director del Observatorio Vulcanológico de Arequipa, Instituto Geofísico del Perú, Arequipa-Perú (1995-2012)

-Profesor Asociado en Geofísica y Vulcanología, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.(2005-2012)

- Investigador científico y Director del Observatorio de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú, Huancayo Perú (1994-1995)

- Investigador científico y Director del Observatorio de Camacho del Instituto Geofísico del Perú, Lima Perú (1993-1994)

-Ingeniero asistente en Investigación Científica, Instituto Geofísico del Perú, Lima Perú. (1986-1992)

PUBLICACIONES

Más de 30 publicaciones en el área de vulcanología y geodinámica.

EL PELIGRO VOLCANICO Y TECNICAS DE VIGILANCIA DE VOLCANES ACTIVOS EN EL PERU

Orlando Macedo
Instituto Geofísico del Peru

Entre las máximas o dichos que invocan los sistemas de Defensa Civil, está el que reza “el que sobrevive no es el más fuerte sino el más preparado”.

El sur del Perú es una zona altamente expuesta al peligro volcánico. Muchos piensan que el mayor peligro natural para la ciudad de Arequipa es la ocurrencia de un terremoto...sin embargo, los terremotos más fuertes se producen o tienen su foco en la zona de costa, no en las proximidades de la ciudad de Arequipa. En realidad, el fenómeno natural más peligroso para la ciudad es una erupción del joven y activo volcán Misti, el cual ahora está a solo 13 km de los extremos nor-noreste la ciudad.

Esta presentación tratara de los principales conceptos de la realidad volcánica en el sur peruano, por qué conviene prepararnos ante el peligro volcánico, y cuáles son los aportes de los científicos para prevenir y mitigar un desastre volcánico.

LA SITUACIÓN VOLCANICA EN EL PERÚ

Actualmente, sólo hay volcanes activos en el Sur del Perú (Ayacucho, **Arequipa**, Moquegua y Tacna). No hay volcanes en otras regiones peruanas. Por qué?,

La respuesta es porque existe una disposición particular de las placas tectónicas en el sur del Perú (ver figura N°1). En efecto, mientras que en el Centro y Norte del país la placa oceánica de Nazca tiene muy poca inclinación, lo cual impide que se generen y suban masas de magma hasta la superficie, en contraste en el Sur del país la placa de Nazca se inclina fuertemente (cerca de 25°) al pasar por debajo de la placa continental de Sudamérica. Este fuerte ángulo de inclinación en el Sur del Perú, hace que **bajo la corteza de Ayacucho-Arequipa-Moquegua-Tacna sí se generen** y suban masas de magma (roca fundida) hasta la superficie, es decir que hayan **erupciones**.

La figura N°1 ilustra esta diferencia entre el “Centro y Norte del Perú” donde no hay volcanes activos, y el “Sur del Perú” donde sí existen volcanes activos.

Las masas de magma suben lentamente. Con el tiempo ocurren repetidas erupciones volcánicas en los volcanes activos tales como el Sara Sara, Coropuna, Ampato, Sabancaya, **Misti**, Ubinas, Huaynaputina, Ticsani, Tutupaca, Yucamane, Purupuruni, Casiri que están en el Sur peruano (ver figura N°2)

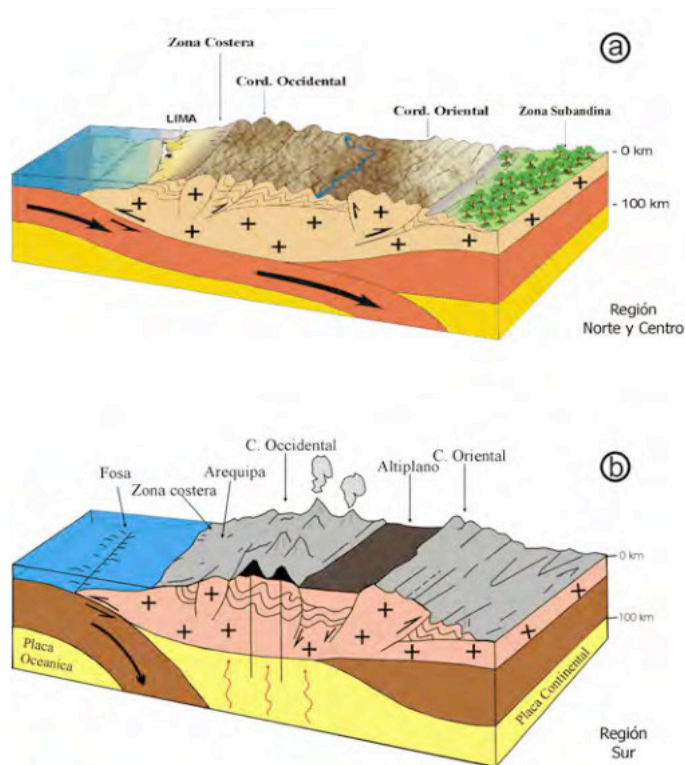


Figura N°1.-

(a) Arriba: En el Centro y el Norte del Perú las placas chocan con un ángulo muy pequeño (menor a 5° de inclinación)..... Resultado: **no** hay volcanes.

b) Abajo: En el Sur del Perú – es decir Ayacucho-**Arequipa**-Moquegua-Tacna –, el ángulo de choque es grande (25° de inclinación)..... Resultado: **si** hay volcanes activos.



Figura N°2.-

La cadena volcánica del Sur del Perú pertenece a la ZVC (Zona Volcánica Central) que se extiende hasta en norte de Chile. Allí dentro de esta cadena se encuentra el volcán Misti.

EL SUR PERUANO Y LOS PELIGROS VOLCANICOS

Que puede pasar si ocurre una erupción? Son seis los fenómenos volcánicos peligrosos que acechan en una próxima erupción en cualquiera de los volcanes del sur. Podrían darse los seis o solo algunos de ellos dependiendo de la magnitud que alcance la erupción.

Son los siguientes:

a) Lluvia de cenizas:

Materiales rocosos de diverso tamaño son expulsados durante una erupción. Los más grandes y pesados (bloques, bombas) no van lejos, caen cerca. Pero los materiales más finos son llevados lejos por el viento y caen como verdaderas “lluvias de ceniza”, causando muchos problemas: daño de cultivos, contaminación del agua, enfermedades en la gente y en los animales, colapso del techo de viviendas, perturbación del tráfico aéreo, etc.

b) Flujos piroclásticos:

Los flujos piroclásticos son corrientes densas formadas por una mezcla de bloques, cenizas y gases, que avanzan por las depresiones topográficas (por ejemplo, por el fondo de quebradas) y alcanzan grandes distancias. Son flujos muy veloces (60 a 300 Km/hora) y calientes (300 a 500°C). Las personas que se encuentran cerca al volcán no pueden resistir a estos mortíferos flujos y huir es imposible.

c) Lahares o flujos de lodo:

Es una mezcla de materiales volcánicos de varios tamaños saturados en agua. Los lahares son grandes flujos de lodo que avanzan como « huaycos ». El agua proviene de la fusión de hielos o nieves, o también de fuertes lluvias.

d) Derrumbes volcánicos:

Un costado o flanco de un volcán puede derrumbarse por factores de inestabilidad (gran erupción, terremoto, mucha pendiente y capas pobremente consolidadas, etc).

e) Coladas de lava:

Son flujos de roca fundida que alcanzan la superficie y que discurren por los flancos del volcán, de preferencia por el fondo de las quebradas. Pueden avanzar varios kilómetros, pero normalmente en los volcanes peruanos van muy lentamente.

f) Gases volcánicos:

Entre los gases que salen de un volcán, el que tiene mayor porcentaje (hasta un 90%) es el vapor de agua. También sale abundante CO₂ (inoloro) y SO₂ (de olor penetrante). En menor volumen, pueden emitirse otros gases considerados tóxicos como el H₂S (de olor a huevo podrido), HCl, HF, H₂SO₄, y trazas de otros.

LA PROXIMA ERUPCION DEL VOLCAN MISTI EN AREQUIPA

Va a ocurrir una erupción del Misti? Que lugares de Arequipa se consideran como “de alto, de moderado o de bajo peligro”?

El Misti es considerado como un volcán joven y en plena actividad. Su última erupción remonta a tan solo 550 años: en los tiempos del inca Pachacutec ocurrió una erupción por el actual cráter de 550 m de diámetro donde hoy en día se observa aún un domo humeante. Esta erupción ha sido catalogada como moderada (índice IEV=2 de una escala que va de 0 a 8)

Si la ciudad hubiera existido en esos años, serios trastornos por caída de cenizas habrían perturbado seriamente la vida en la ciudad: la agricultura, las represas, el aprovisionamiento de agua, las fuentes de energía hidroeléctrica y el tráfico aéreo habrían colapsado. Erupciones de este tipo en el volcán Misti ocurren cada 500 a 1000 años en promedio.

Una erupción mucho más importante ocurrió hace 2000 años. En esa ocasión flujos piroclásticos y lluvia de pómez devastaron completamente los alrededores. Esta erupción alcanza el índice IEV=4, y en el Misti ocurren cada 2000 a 4000 años en promedio.

Por último, pueden también ocurrir erupciones aun mas fuertes (mayores de IEV=5) que las anteriores. Afortunadamente no son frecuentes; se calcula que ocurren cada 10,000 años aproximadamente.

Los resultados de los estudios científicos han tenido frutos en beneficio de la comunidad: el Mapa de Peligros del volcán Misti, cuya confección fue iniciada por el Instituto Geofísico del Perú y ahora completada y actualizada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

En este mapa de peligros se muestra toda la zona próxima al volcán, la cual se ha zonificado en áreas de “alto”, “moderado” y de “bajo” peligro, y una zona gris la cual es la más protegida en relación a una erupción del Misti, pues prácticamente ninguna erupción le afectaría.

VIGILANCIA VOLCANICA

Si queremos estar preparados para responder adecuadamente al embate de un fenómeno natural como es la erupción de un volcán, solo hay un camino: preparación en base a un estudio científico previo. Afortunadamente, los principales estudios científicos de base para conocer al Misti ya están realizados. También se ha avanzado notoriamente en lo que respecta a otros volcanes.

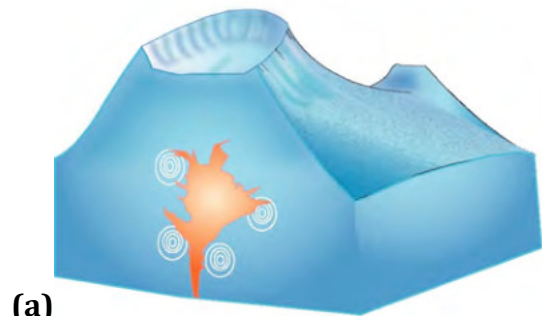
Prepararse es planificar y ordenar el uso del territorio, es también educarse y realizar la preparación de planes de respuesta inmediata. Prepararse significa también efectuar un monitoreo o registro continuo del fenómeno mediante los más diversos métodos que la tecnología lo permita, cuyos datos se usaran en vigilar el estado del volcán y anticiparse a la ocurrencia del fenómeno. En última instancia, realizar vigilancia significa también salvar vidas.

Conocer el fenómeno:

¿Qué ocurre cuando va a producirse una erupción? (Fig 3)

Cuando el *magma* migra en dirección de la superficie, *rompe rocas* para hacer su camino, haciendo que el volcán se deforme, “se hinche”. Esta deformación del volcán abre *fisuras* y por allí escapan líquidos y/o gases.

Todo esto ocurre semanas o meses antes de una erupción.



(a)



(b)

Figura N°3.-

Cambios que se pueden observar en un volcán. (a) Antes de la erupción, el volcán presenta actividad débil, regular, sin aumentos importantes en su sismicidad, emisión de gases, etc.

(b) Al entrar en proceso de erupción, el volcán cambia: se deforma, tiene más sismos, más gases, más grietas, etc. Una vigilancia minuciosa logrará detectar estos cambios antes de que se produzca la erupción.

Planificar la estrategia:

¿Cómo vigilar a un volcán?

Al registrar las diferentes señales particulares (parámetros) como la sismicidad del volcán, la temperatura de las fuentes termales próximas al volcán, etc, estamos vigilando al volcán. El objetivo es *detectar* a tiempo los *cambios que sobrevienen* antes de la erupción.

La vigilancia es continua y permanente: en muchos casos ha permitido tomar *medidas de evacuación de la población* incluso con algunas semanas de anticipación.

Que detectan y miden los aparatos?

Los sentidos del ser humano no pueden detectar las sutiles variaciones, pero afortunadamente la tecnología actual nos permite “escuchar, mirar y oler” lo que pasa al interior de un volcán con aparatos muy sensibles y precisos que se colocan sobre él.

(1) Se “*escucha*” o siente sus vibraciones, por medio de *sismómetros*. El Instituto Geofísico del Perú tiene diversas redes sísmicas sobre los volcanes peruanos.

(2) Se “*mira*” si empieza a deformarse, por medio de medidas *GPS*, *distanciómetros*, y/o *inclinómetros*. Se han obtenido datos de base en varios volcanes; estos datos sirven para comparar futuras deformaciones.

(3) Se “*olfatea*” sus gases y líquidos, por medio del *análisis geoquímico de los fluidos* que emanan en sus cercanías. Se han determinado las principales características físico-químicas de los fluidos volcánicos a proximidades de los volcanes.

Poner en practica los métodos y técnicas mas eficaces: La sismología volcánica

El método sísmico es, de lejos, el mas efectivo en la vigilancia de volcanes.

Una red de *sismómetros* colocada cerca del volcán permite “escuchar” las vibraciones y hasta “ver” de qué parte vienen. Es como el estetoscopio que usa el médico sobre su paciente.

La *sismología* es tan buena y eficaz para vigilar a un volcán que se le considera como *la reina de los métodos de vigilancia*.

En un volcán se dan sismos asociados a “ruptura de las rocas en el interior” (son los sismos VT) y los sismos asociados a la “circulación de fluidos volcánicos” (son los sismos LP). Generalmente, los sismos tipo VT y LP aumentan muchísimo en número y energía cuando se acerca una erupción. Y frecuentemente *los tremores* se hacen presentes *cuando la erupción ya es inminente*.

En esta presentación se discutirán los métodos escogidos en estudiar y vigilar volcanes activos peruanos. Los resultados científicos alcanzados, los que deben esperarse y como deben servir para la prevención.

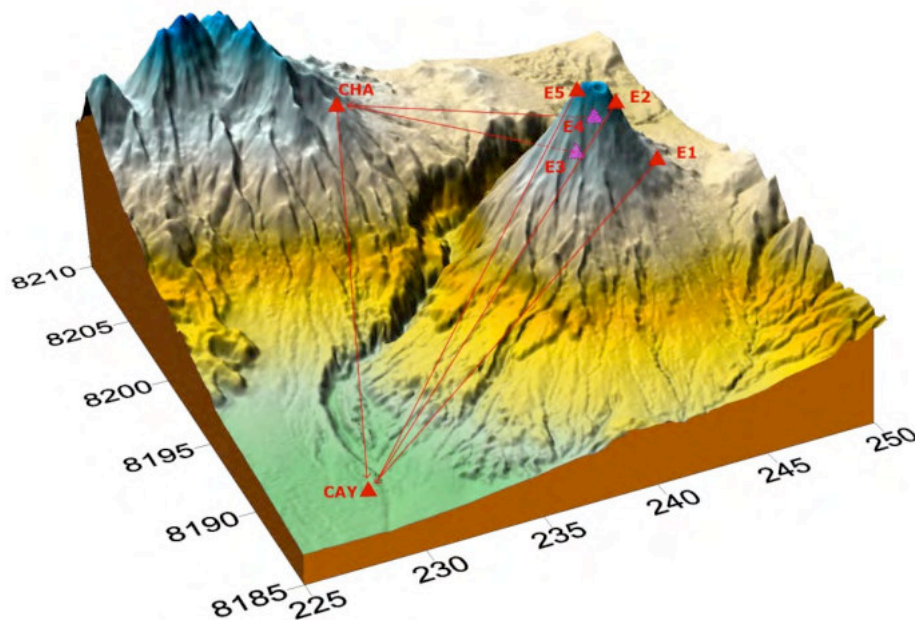


Figura N° 4.-

La red de estaciones sismicas del Instituto Geofisico del Peru (IGP) que operan en el volcan Misti, gracias a la cual se conoce su nivel de actividad actual.



Marcial Blondet

Profesor Principal del Departamento de Ingeniería
Director del programa de Doctorado en Ingeniería
Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)

Marcial Blondet obtained his professional license as civil engineer at PUCP, and his Master of Engineering and Ph.D. in earthquake engineering at the University of California, Berkeley (UCB). Marcial has been the dean of the PUCP Graduate School (2005-2011), and currently teaches in the PUCP's civil engineering and master of engineering program.

Marcial is a specialist in earthquake engineering and structural dynamics, and has ample experience in the experimental study of the seismic behavior of structures. From 1992 to 1999, he worked as principal development engineer at UCB's Department of Civil Engineering, where he conducted full-scale tests of structural components.

He has collaborated actively with EERI's World Housing Encyclopedia (WHE) since its inception in 2000 and is currently a member of its Board of Directors. He was primary author of the WHE publication *Earthquake-Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial* and was editor of the tutorial *Construction and Maintenance of Masonry Houses*.

Marcial's main research interests are the development of low-cost solutions to mitigate the seismic risk of nonengineered earthen and masonry dwellings, the conservation of earthen historical monuments in seismic areas, and the use of energydissipation and base isolation for the seismic protection of buildings.

Marcial firmly believes that education — at all levels — is crucial in enhancing each person's quality of life. The devastation produced in Haiti by the 2010 earthquake was due in part to the short seismic memory of its engineering community. Education in earthquake engineering should be offered at all levels: from K-12 to university students; to homeowners, teachers and administrators; to builders, engineers, and architects; and to government officials.

Marcial Blondet obtuvo su título de Ingeniero Civil en la PUCP y su Maestría en Ingeniería y Doctorado (PhD) en ingeniería sísmica por la Universidad de California, Berkeley (UCB). Marcial ha sido Decano de la Escuela de Posgrado de la PUCP (2005-2011) y actualmente enseña en los programas de pregrado y de maestría en ingeniería civil de la PUCP.

Marcial es un especialista en ingeniería sísmica y dinámica estructural y tiene amplia experiencia en el estudio experimental del comportamiento sísmico de estructuras. De 1992 a 1999 trabajó como Ingeniero Principal en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de UCB, donde condujo ensayos a escala natural de componentes estructurales.

Desde su creación en 2000 él ha colaborado activamente con la Enciclopedia Mundial de Vivienda (WHE, por sus siglas en inglés) del Earthquake Engineering Research Institute (EERI) y actualmente es miembro de su Consejo Directivo. Es autor de las publicación *Construcción Sismorresistente de Viviendas de Adobe: Tutorial* y editor del *Manual para Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería*.

La investigación de Marcial se centra en desarrollo de soluciones de bajo costo para mitigar el riesgo sísmico de viviendas de tierra y albañilería construidas informalmente, la conservación de monumentos históricos de tierra en áreas sísmicas y el uso de sistemas de disipación de energía y de aislamiento de base para la protección sísmica de los edificios.

Marcial cree firmemente que la educación — en todos los niveles — es crucial para mejorar la calidad de vida de las personas. La devastación producida en Haití por el terremoto de 2010 fue debida en parte a la corta memoria sísmica de su comunidad profesional de ingenieros. La educación en ingeniería sísmica debe ofrecerse a todo nivel: a los jóvenes, desde el colegio hasta la universidad; a los dueños de viviendas; a los maestros y administradores; a los constructores, ingenieros y arquitectos; y a los funcionarios del gobierno.

Seismic Protection of earthen structures

M. Blondet

Catholic University of Peru (mb Blondet@pucp.pe)

Every earthquake that occurs in areas where construction with earth has been and is practiced produces considerable damage or collapse of earthen dwellings and historical monuments. Earthen structures are particularly vulnerable to earthquakes because of the low strength and fragile behavior of their walls. Inhabitants of earthen houses, as well as invaluable historical constructions in the seismic areas of the world, therefore, are under unacceptable risk.

This paper first describes the observed response of unreinforced earthen constructions during earthquakes. Several reinforcement techniques developed at the Catholic University of Peru over more than 35 years of research, in order to improve the seismic safety of earthen structures are then presented and compared. Finally, the challenges involved in the preservation of earthen monuments in seismic areas are discussed.

PROTECCIÓN SÍSMICA DE LAS ESTRUCTURAS DE TIERRA

Cada sismo que ocurre en áreas donde la construcción con tierra ha sido y es practicada produce daños considerables o el colapso de viviendas y monumentos históricos de tierra. Las estructuras de tierra son particularmente vulnerables a los terremotos debido a su baja resistencia y al comportamiento frágil de sus paredes. Los habitantes de casas de tierra, así como muchas construcciones históricas ubicadas en las zonas sísmicas del mundo, por lo tanto, están bajo un riesgo inaceptable.

Este documento describe primero la respuesta observada de construcciones de tierra no reforzadas durante los terremotos. Luego se presentan y comparan varias técnicas de refuerzo, desarrolladas en la Pontificia Universidad Católica del Perú durante más de 35 años de investigación con el fin de mejorar la seguridad sísmica de las estructuras de tierra. Finalmente, se discuten los retos que plantea la preservación de monumentos de tierra en zonas sísmicas.



Victor CARLOTTO

Peruvian Geological Survey (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET)

Present position: Director of Regional Geology

Lecturer and Researcher at Academic Department of Geology of the Cusco University (UNSAAC)

ycarlotto@ingemmet.gob.pe , carlotto79@hotmail.com

Education

Graduated in Geology January 1983 (UNSAAC);

Geology Engineer (B.Sc.) July 1985 (UNSAAC).

Master Science (M Sc). Université Joseph Fourier. Grenoble France, 1991-1992.

Ph Doctor: «Évolution Andine et Raccourcissement au Niveau de Cusco (13-16°S), Pérou» Université Joseph Fourier. Grenoble-France, 1998.

Victor Carlotto is a regional geologist experienced in exploration and conservation of heritage sites. He has several publications, and the most important in relation to the geological conservation are the Machupicchu and Caral World Heritage sites, and the Choquequirao and Saqsaywaman National Heritage sites.

PUBLICATIONS

Carlotto, V., Cardenas, J., Fidel, L. (2011-2007). La Geología en la Conservación de Machupicchu. Boletín INGEMMET, Serie I Patrimonio y Geoturismo N°1, 305p. Second edition.

Carlotto, V., Cárdenas, J. & Carlier, G. (2011). Geología del Cuadrángulo de Cusco 28-s, 1:50,000. *INGEMMET, Boletín Serie A: 138, 258 Carta Geológica Nacional*, 138, 258 p., 6 mapas.

Carlotto, V., Cárdenas, J., Fidel, L., Oviedo, M. (2011). Geología de Choquequirao. INGEMMET, Boletín, serie I: Patrimonio y Geoturismo, 4, 132p.

Carlotto, V., Shady, R., Manosalva, D., Velarde, T., Pari, W. (2011). Geología de la Ciudad Sagrada de Caral. Boletín *INGEMMET, Serie I Patrimonio y Geoturismo*, 5, 84p.

Chacaltana, C., Carlotto, V., Valdivia, W., Acosta, H., Peña, D., Rodríguez, R. & Jaimes, F. (2011) Estudio Geológico de la Cuenca Ene: Sectores Centro y Sur. INGEMMET, Boletín Serie D: Geología Regional, 29, 164p, 1 mapa

Rodríguez, R., Cueva E., Carlotto, V. (2011). Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco (hoja 22-k). 1:50,000 INGEMMET, Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional, 144, 164 p.

Bahlburg, H., Vervoort, J.D., DuFrane, S.A., Carlotto, V. Reimann, C., Cárdenas, J. (2011). The U-Pb and Hf isotope evidence of detrital zircons of the Ordovician Ollantaytambo Formation, southern Peru, and the Ordovician provenance and paleogeography of

- southern Peru and northern Bolivia. *Journal of South American Earth Sciences* 32 (2011) 196-209.
- Roperch, P., Carlotto, V., Ruffet, G., Fornari, M. (2011). Tectonic rotations and transcurrent deformation south of the Abancay deflection in the Andes of southern Peru. *Tectonics*, vol. 30, 23 p.
- Reimann, C.R, Bahlburg, H., Kooijman, E., Berndt, J., Gerdes, A., Carlotto, V. and López, S. (2010). Geodynamic evolution of the early Paleozoic Western Gondwana margin 14°–17°S reflected by the detritus of the Devonian and Ordovician basins of southern Peru and northern Bolivia.. *Gondwana Research* 18 (2010) 370–384
- Gotberg, V., McQuarrie, N. and Carlotto, V. (2010). Comparison of crustal thickening budget and shortening estimates in southern Peru (12–14°S): Implications for mass balance and rotations in the “Bolivian orocline”. *GSA Bulletin*,. 122; no. 5/6; 727–742.
- Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodriguez, R., Romero, D., Cerpa, L., Mamani, L., Diaz-Martinez, E., Navarro, P., Jaimes, F., Velarde, T., Lu, S. & Cueva, E. (2009). Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú*, 103, 1-89.
- Carlotto, V., Rodríguez, R., Acosta, H., Cárdenas, J. & Jaillard, E. (2009). Alto estructural Totos-Paras (Ayacucho): límite paleogeográfico en la evolución mesozoica de las cuencas Pucará (Triásico superior-Liásico) y Arequipa (Jurásico-Cretácico). In: *Soc. Geol. Perú, Vol. Especial 7, Víctor Benavides Cáceres*, 1-45.
- Ruiz, G.M., Carlotto, V., Van Heiningen, P. and Andriessen, A.M. (2009). Steady-state exhumation pattern in the Central Andes – SE Peru. In: LISKER, F., VENTURA, B. & GLASMACHER, U. A. (eds) *Thermochronological Methods: From Palaeotemperature Constraints to Landscape Evolution Models*. Geological Society, London, Special Publications, 324, 307–316.
- Carlotto, V., Cardenas, J. (2001). Machu Picchu: A giant built on a fragile foundation. *Geotimes*, vol. 46, No. 8 (August), pp. 22-24.

THE GEOLOGY IN THE CONSERVATION OF MACHUPICCHU WORLD HERITAGE

Víctor Carlotto^{1,2}, José Cárdenas², Lionel Fidel¹

1 INGEMMET, Lima, Peru. Email : vcarlotto@ingemmet.gob.pe

2 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Perú

The Historical Sanctuary of Machupicchu is located in the Eastern Cordillera of southern Peru. It is surrounded by the following snowed peaks: the Salcantay (6264 m), Huamantay (5459 m), Verónica (5750 msnm) and Bonanta (5024 msnm). The Inca city is located at an altitude of 2450 m, 500 m above the Urubamba River, which cuts through the Cordillera and originates a canyon with tropical mountain climate. The local substrate consists of granite outcrops and large irregularly-piled granite boulders - granitic chaos – (Fig. 1 and Photo 1) over which the Inca city of Machupicchu was built (Fig. 2).

The Plio-Quaternary geological evolution shows a very fast exhumation of the Cordillera which determined the geodynamic phenomena, the same that originated the current geomorphology and now affect the Inca city. The geodynamic processes affecting the Inca city of Machupicchu, are the settlement, suffusion, surface erosion, rock falls, and superficial landslides. During Inca occupation, the drainage system of terraces and thatched-roof buildings allowed an efficient evacuation of the abundant rainfall water. However; this is no longer the case: buildings have no roof and most of the terrace drainages are not functional, leading to strong infiltration, surface erosion, suffusion, settlement (Photo 2), etc. Detailed geological surveys and site-specific studies in several areas of the city allow to suggest recommendations for an adequate evacuation of rain water with drainages and impermeable surfaces to avoid infiltration and surface erosion. A map with the inventory of Inca drainages will help restore and implement an integrated drainage system (Carlotto et al., 2007).

Several publications and news in the media generated an international alarm when it was announced that the Inca city of Machupicchu was at risk of collapse amidst a large landslide. Several international and Peruvian research groups undertook studies to assess the alleged problem. We herein provide the results of this research, including the conclusions of an international workshop organized for this purpose, and which minimize the probability of these destructive phenomena (Carlotto et al., 2007).

The assessment of external geodynamic processes and landforms along the Traditional Inca Trail and the Sacred Trail identified landslides, alluvial fans (alluvion), rock falls, debris flows, soil creep, settlement, surface erosion, fluvial erosion, and suffusion. These phenomena originate partial destruction of the trail. We have also identified negative environmental impacts affecting the Traditional Inca Trail and the Inca city of Machupicchu. Using cause-effect matrices, we have then undertaken the environmental impact assessment of this trail, emphasizing geodynamic phenomena and human activities affecting the natural and cultural environment. We present mitigation and prevention measures to protect this Inca heritage (Carlotto et al., 2007).

The Historical Sanctuary of Machupicchu has numerous areas affected by external geodynamic processes. We present three examples which are important from the point

of view of the population (Aguas Calientes), transportation (Runtumayo) and infrastructure (Aobamba). The town of Aguas Calientes is the closest and most important urban area around the historical sanctuary of Machupicchu. This town is located at the mouth of the Aguas Calientes and Alcamayo creeks, both with a high degree of alluvium hazard. In 1998, the Aobamba alluvium destroyed the hydroelectric plant of Machupicchu. The risk continues, so any further urbanization at the mouth of the Aobamba River must be prevented. Furthermore, we present the evaluation of the alluvium of the Runtumayo creek. This alluvium destroyed the access road and the railway, the only direct access to the Inca city of Machupicchu (Carlotto et al., 2007).

**Carlo Laj**

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement
Gif-sur-Yvette Cedex,
France

Telephone : (33) 1 6982 3538

E-mail : Carlo.Laj@lsce.ipsl.fr

Education:

Secondary school in Italy and the USA (American Field Service Exchange Student.)
University studies at the University of Paris, PhD in Solid State Physics.

Research Interests:

After my PhD I spent a few years working with critical phenomena (scattering of laser light by critical fluids) then moved into the field of geophysics.

My main interests in this new field has always been linked to the magnetic properties of sediments and igneous rocks (paleomagnetism), used with several objectives: geodynamical reconstructions (particularly in the Eastern Mediterranean and the Andean Cordillera), reconstruction of the history of the Earth's magnetic field (including the morphology of field reversals) and more recently reconstructions of environmental and climatic changes on a global scale.

I have published about 200 articles in international scientific journals and a few general public articles in different journals.

Fellow of the American Geophysical Union (AGU).

Educational activities:

Chairman, Education Committee of the European Geosciences Union

Participant to different National and International Education Committees

Union Service Award for creating the the Committee on Education of EGU

Excellence in Geophysical Education Award of the American Geophysical Union

This picture was taken in the Taoist Temple in Beijing : according to the chinese astrological calendar, I was born in a « Year of the Rabbitt » !

Small experiments for the classroom

Carlo Laj

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

Gif sur Yvette, France & Committee on Education

European Geosciences Union

In this short time I will try to present to you the educational activities of the Committee on Education of the European Geosciences Union. Most of the documents which I will show you are freely accessible from the EGU web page at

<http://www.egu.eu/outreach/gift/workshops/>

I will also try to show at least one seismic experiment, especially designed for the classroom, developed in France, particularly in two schools the « Lycée Marie Curie at Echirolles (Grenoble) and at the « Centre International de valbonne » near Nice, and will give the instructions on how to build it yourself in your school.

I will also show you some of the videos, freely available on the EGU web page and on the web page of the Lycée Marie Curie :

<http://www.ac-grenoble.fr/webchimie/bio/eau>

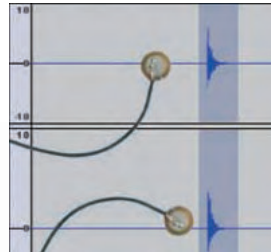
Below there are some instructions, in French !, which I will explain (in approximate Spanish !).

If you need additional explanations, please contact the two French teachers who have developed these hands-on activities :

Jean-Luc Berenguer jlbereng@gmail.com

François Tilquin francois.tilquin@ac-grenoble.fr

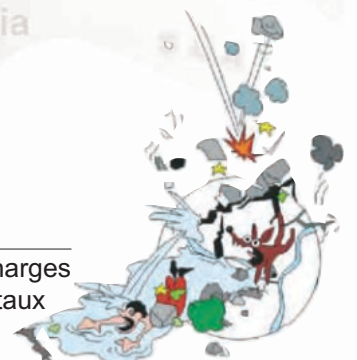
UTILISER DES CELLULES PIÉZO-ÉLECTRIQUES COMME INSTRUMENTS DE MESURE



Les cellules piézo-électriques¹ permettent de réaliser, de manière assez simple, des enregistrements d'ondes très précis. Ainsi, à l'aide d'un appareillage peu coûteux qui est décrit ci-après, il sera possible de réaliser des mesures de qualité de divers phénomènes physiques.

- RÉALISER SIMPLEMENT UN JEU DE CAPTEURS PIÉZO-ÉLECTRIQUES
- BRANCHER DES CAPTEURS ET CONFIGURER L'ORDINATEUR
- ENREGISTRER LE SIGNAL PROVENANT DES CAPTEURS

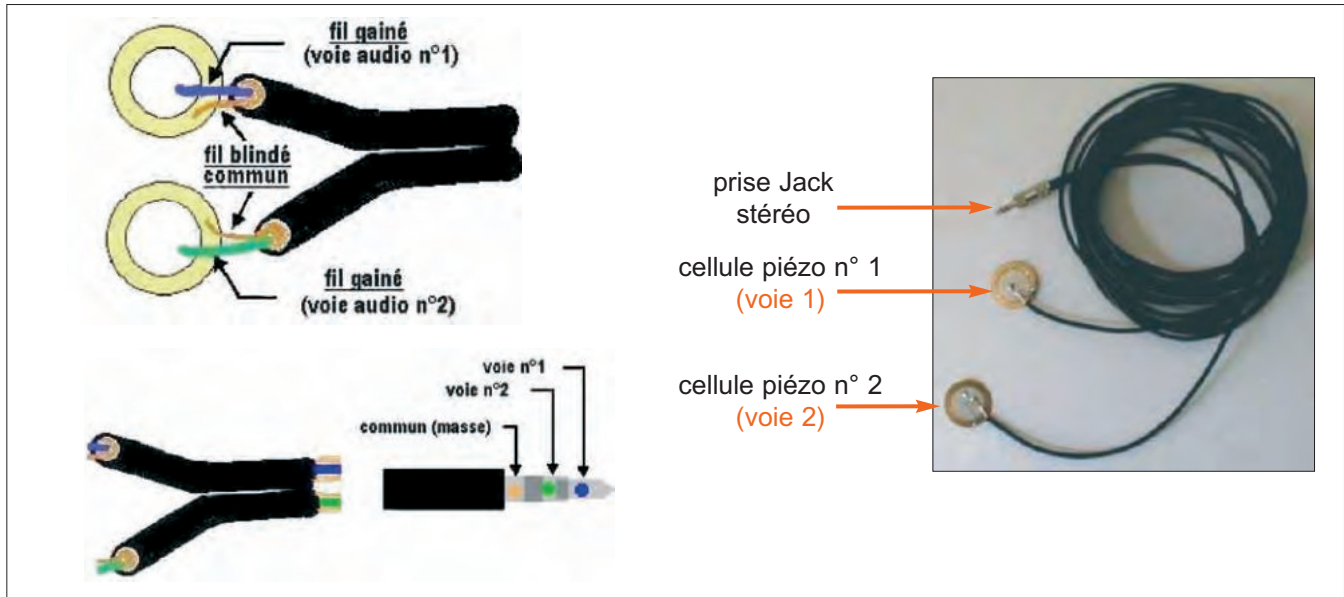
1/ Le phénomène piézo-électrique est caractérisé par l'apparition de charges électriques (donc d'un courant électrique) à la surface de certains cristaux lorsqu'ils sont soumis à des contraintes mécaniques (ondes).



RÉALISER SIMPLEMENT UN JEU DE CAPTEURS PIÉZO ÉLECTRIQUES

Montage :

Les deux cellules piézo sont soudées à un câble audio stéréo. Elles servent de capteur, elles sont reliées par l'intermédiaire d'une prise mâle mini-jack 3,5 mm aux 2 voies stéréo de la "carte son" de l'ordinateur "ligne d'entrée".

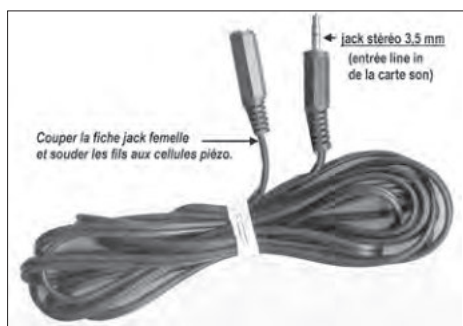


Trucs, astuces et adresses

Câbles, soudures, etc.

- Des prolongateurs (entre 1,5 et 2,5 m) audio stéréo avec jack mâle 3,5 mm sont vendus dans le rayon "ordinateurs" des grandes surfaces. Il suffit de couper le jack femelle et souder les fils dénudés aux cellules piézo.
- Deux prises RCA mâles seront plus simples à souder au câble stéréo, elles sont reliées à un adaptateur double RCA femelle jack 3,5 mm stéréo.

Cellules piézo et petit matériel électronique, disponibles chez des fournisseurs de composants électroniques (catalogues et sites internet).



Prolongateur stéréo 2,5 m



RCA mâle



Adaptateur Jack stéréo 3,5mm//double RCA femelle

BRANCHER DES CAPTEURS ET CONFIGURER L'ORDINATEUR

Le courant électrique généré, au niveau des cellules piézo électriques par une vibration, peut être mémorisé et enregistré sur un ordinateur à moindre frais.



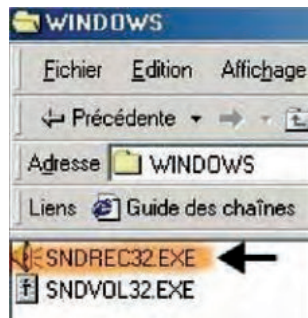
Un logiciel d'exploitation de la carte son, en licence libre GNU/GPL et téléchargeable (Audacity), peut enregistrer en direct, par l'intermédiaire des capteurs, le passage "d'ondes" créées artificiellement après un choc.

Il faudra tout d'abord brancher les capteurs à la carte son de l'ordinateur "ligne d'entrée" (ou "line in") par l'intermédiaire d'une prise mâle mini-jack 3,5 mm. Seule l'entrée ligne permet d'enregistrer les signaux parvenant des 2 lignes distinctes.

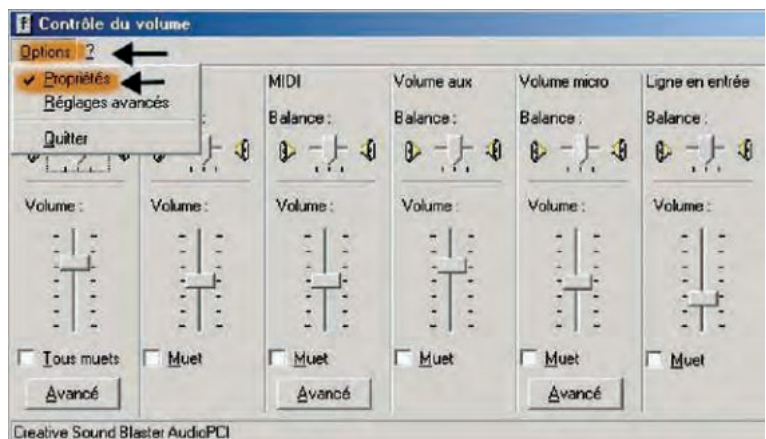


Une deuxième étape consiste à configurer la carte son pour que celle-ci puisse enregistrer des signaux lui parvenant de la ligne d'entrée (ou "line in").

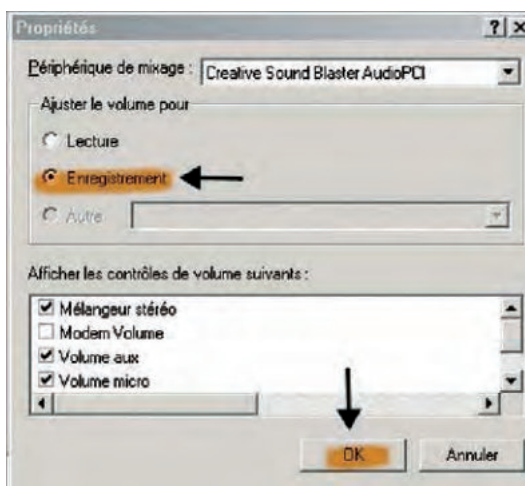
1/ Dans Windows, ouvrir le fichier SNDREC.EXE (pour XP, prendre le fichier "sndvol32.exe"* qui est accessible dans le dossier "system32" de windows).



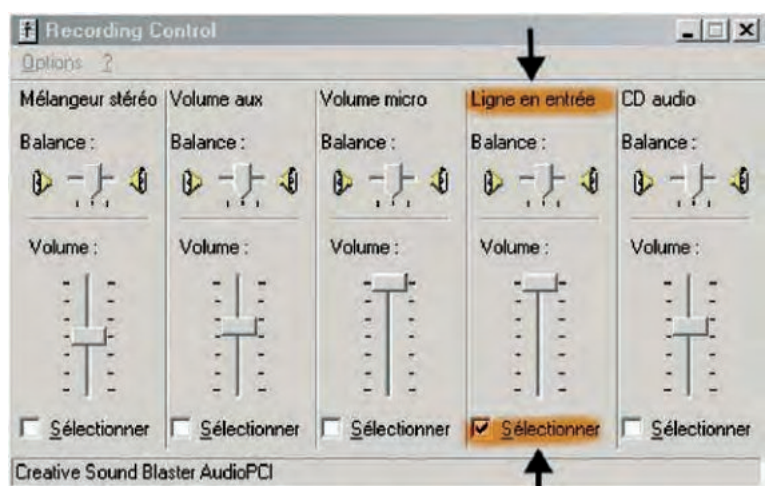
2/ Cliquer sur options, propriétés



3/ Sélectionner enregistrement, OK



4/ Dans Recording Control, sélectionner "ligne en entrée" et régler le volume d'enregistrement.



* **Remarque** : ce fichier est également accessible dans le dossier **Poste de travail**, icône **Panneau de configuration** puis sous-dossier **Sons et périphériques audio**, choisir alors **Paramètres avancés** dans **Volume...**

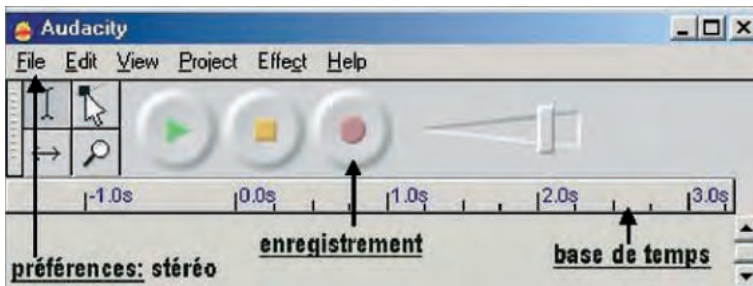
Télécharger et installer Audacity



Le logiciel Audacity est téléchargeable gratuitement sur internet à l'aide d'un moteur de recherche (<http://audacity.sourceforge.net>).

Installer le logiciel sur le disque dur de l'ordinateur.

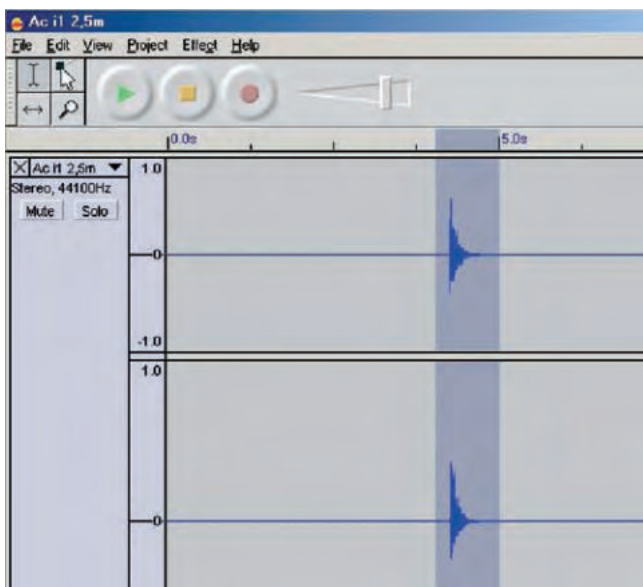
Le logiciel Audacity



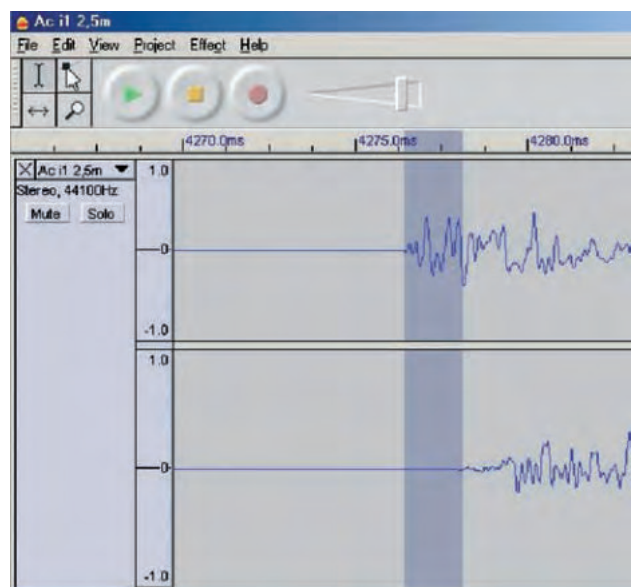
Il peut être configuré dans **Préférences** en mono ou en stéréo selon l'usage.

La touche enregistrement (rouge) permet de visualiser sur l'écran le tracé des ondes enregistrées.

L'enregistrement brut peut être zoomé à volonté, la base de temps étant augmentée proportionnellement.



Exemple d'enregistrement brut en stéréo



Même enregistrement avec la loupe

À l'affichage sur écran, la base de temps assez précise du logiciel [jusqu'à la micro seconde (μ s)] permet de repérer les 2 fronts d'ondes et de mesurer un éventuel délai entre elles. La fonction **Loupe** permet de moduler à volonté l'enregistrement.



Aide à l'utilisation du logiciel Audacity

SL

Le logiciel Audacity est un outil informatique qui permet de visualiser sous forme numérique des vibrations enregistrées par des microphones.

Brancher correctement les microphones :

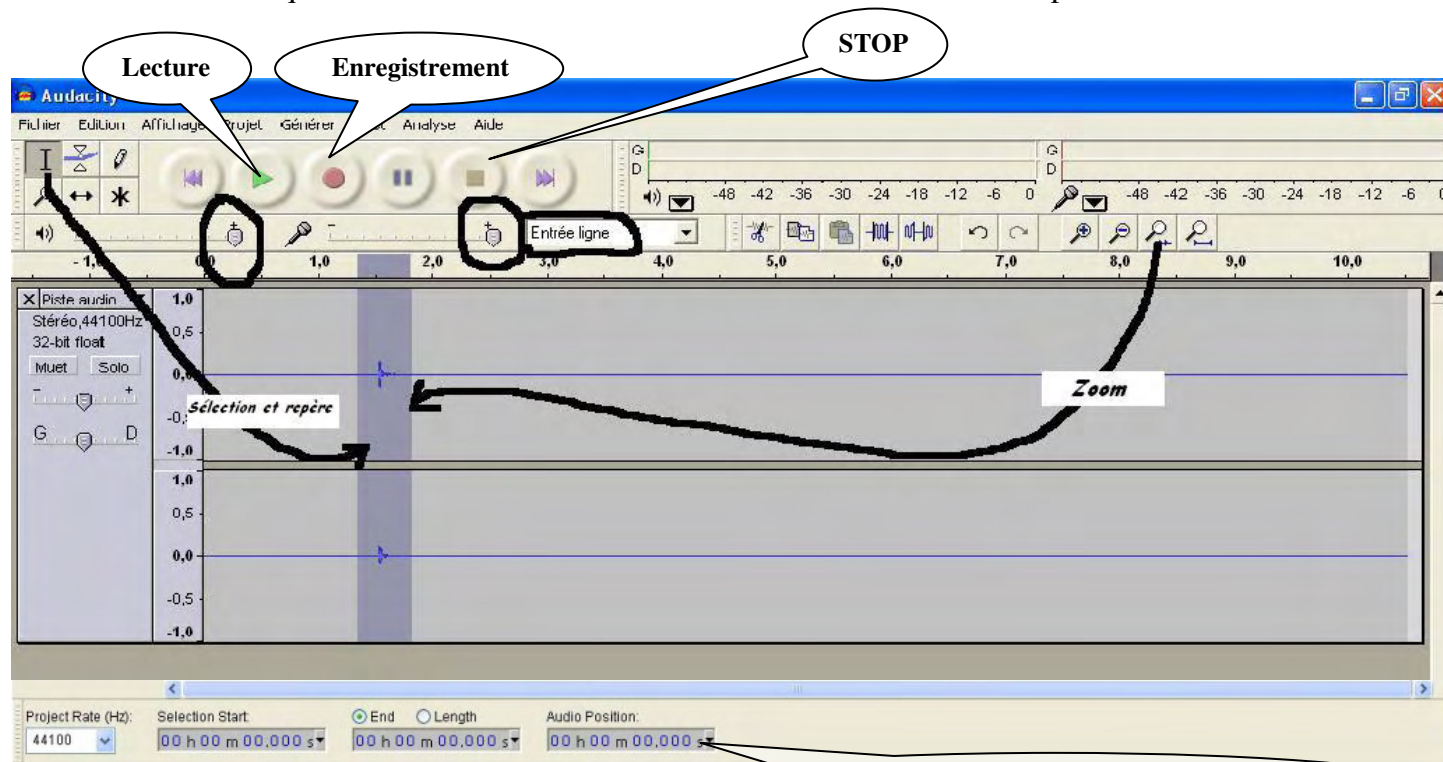
Un couple de **capteurs piézo-électriques** est branché sur la ligne d'entrée « **line in** » de couleur bleue de la carte son de l'ordinateur.

Paramétrer le logiciel Audacity

Ouvrir Audacity installé sur un ordinateur ou sur une clé USB.

Tous les réglages et paramétrages indispensables sont indiqués ci-dessous.

Vérifier dans la rubrique **EDITION / PREFERENCES** si le choix « **Stéréo** » est présent dans la case **CANAUX**



Moment de la sélection

Choisir hh : mm : ss + millisecondes