



**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



**THE ROLE OF GEOSCIENCES TO SOCIETAL DEVELOPMENT:  
A GERMAN - LATIN AMERICAN PERSPECTIVE**

**GOAL**

**GEO-NETWORK OF LATIN AMERICAN-GERMAN ALUMNI  
MEXICO**

**2017**

**EDITED BY J. A. RAMÍREZ FERNÁNDEZ, H. DE LEÓN GÓMEZ,  
R. A. DÁVILA PÓRCEL & A. TREVIÑO CÁZARES**



Geo-Network of Latinamerican-German Alumni



**DAAD**

Deutscher Akademischer Austausch Dienst  
Servicio Alemán de Intercambio Académico

## EDITORS

**Dr. Juan Alonso Ramírez Fernández**

*Mexican GOAL Coordinator, Earth Sciences School, UANL, Mexico.*

**Dr. Héctor De León Gómez**

*GOAL Mexico, Civil Engineering School, UANL, Mexico.*

**Dr. René Alberto Dávila Pórcel**

*Bolivian GOAL Coordinator, Civil Engineering School, UANL, Mexico.*

**M.C. Adalberto Treviño Cázares**

*GOAL Mexico, Earth Sciences School, UANL, Mexico.*

## GOAL TEAM

**Prof. Dr. Jörg Matschullat**

*GOAL Chairman, Freiberg University of Mining and Technology, Germany.*

**Prof. Reinaldo García**

*GOAL Regional Coordinator, Colombia.*

**Prof. Dr. Klaus Stanek**

*German GOAL Coordinator Freiberg University of Mining and Technology, Germany.*

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN AUTHORITIES

**M.Sc. Rogelio Garza Rivera**

*President*

**Dr. Pedro Leobardo Valdez Tamez**

*Dean Civil Engineering School*

**Dr. Sóstenes Méndez Delgado**

*Dean Earth Sciences School*

## SUPPORTING GROUP

**B.Sc. Luis Eduardo Villa Alfaro**

**Lic. Daniela Izaguirre Rodríguez**

**Lic. Arely González Durán**

**Kenia Karolina Tapia García**

*Civil Engineering School, UANL*

**M.Sc. Eduardo Alejandro Alemán Gallardo**

*Earth Sciences School, UANL*

Cite as: Ramírez-Fernández, J.A., De León Gómez, H., Dávila Porcel, R., Treviño Cázares A. (Eds.) 2017: THE ROLE OF GEOSCIENCES TO SOCIETAL DEVELOPMENT: A GERMAN - LATIN AMERICAN PERSPECTIVE. GOAL Geo-Network of Latinamerican-German Alumni. 159 pp.

ISBN: 978-607-27-0762-7

*El contenido de las contribuciones es responsabilidad de sus autores.*

*Cover picture: Presa Rompepicos, Cañón La Huasteca, Parque Cumbres de Monterrey. by Juan Alonso Ramírez Fdz, 2017*

KINDLY SUPPORTED BY



**Deutscher Akademischer Austauschdienst  
Servicio Alemán de Intercambio Académico**



**Universidad Autónoma de Nuevo León**



**Cuerpo Académico Cuencas Sedimentarias de  
México, UANL-CA-269, Earth Sciences School,  
UANL**



**Cuerpo Académico Geoingeniería Ambiental,  
UANL-CA-335, Civil Engineering School, UANL**



**Industrial Mining Solutions**



**Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas  
y Geólogos de México, A.C. Distrito Nuevo León**



**Servicio Geológico Mexicano**



**Universidad Autónoma de San Luis Potosí**

## Welcome and Acknowledgements

### **¡Bienvenidos a México!**

Con profundo agrado celebramos el primer XV Aniversario de la red GOAL. Gracias al resultado de esta colaboración internacional, hemos tenido la oportunidad de crecer como grupo, estrechando profundamente nuestros lazos profesionales y personales.

Este año México se convierte en la sede del Taller Goal 2017, motivo que nos llena de orgullo y de genuino interés en ofrecer un programa atractivo, acorde a la temática central de la importancia de las Geociencias en el Desarrollo Social. De igual manera participamos en el Año Dual Alemania – México cuyo fin es ampliar la cooperación entre ambas naciones, a fin de crear “una Alianza para el Futuro”.

Todo esto no sería posible sin el decidido apoyo del Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), que como en el pasado deposita su confianza en que las acciones de este grupo forjen una pieza importante para el desarrollo de nuestros países. La Universidad Autónoma de Nuevo León abre cordialmente sus puertas, brindando lo mejor de ella en aras del mejoramiento de la sociedad global.

### **Welcome to México!**

With deep pleasure, we celebrate the first XV anniversary of the GOAL Network. Thanks to the results of this international collaboration, we have had the opportunity to grow as a group, deepening our professional and personal relationships.

This year, the GOAL 2017 Workshop takes place in Mexico, a reason that fills us with deep satisfaction and has led us to organize an attractive program focusing on the importance of geosciences for the social development. We participate in the Dual Year Germany - Mexico whose aim it is to extend the cooperation between both nations, in order to create "an Alliance for the Future".

All this would not be possible without the solid support of the German Academic Exchange Service (DAAD), which as in the past confers its trust into the activities of this group trying to forge an important piece for the development of our countries. The Universidad Autónoma de Nuevo León cordially welcomes all of you, in concordance to its main objective, the improvement of the global society.

### **Herzlich willkommen in Mexiko!**

Mit großer Freude feiern wir den ersten XV Jahrestag des GOAL Netzwerkes. Dank dieser internationalen Zusammenarbeit haben wir die Möglichkeit gehabt, als Gruppe zu wachsen, und unsere beruflichen und persönlichen Beziehungen zu vertiefen.

In diesem Jahr findet der GOAL Workshop 2017 in Mexiko statt. Dies ehrt uns sehr und hat uns zur Organisation eines attraktiven Programms mit dem Themenschwerpunkt zur Bedeutung der Geowissenschaften für die sozialen Entwicklung veranlasst. Wir beteiligen uns am Dualen Jahr Deutschland - Mexiko, dessen Ziel es ist, die Zusammenarbeit zwischen beiden Ländern zu erweitern, um "eine Allianz für die Zukunft" zu schaffen.

All dies wäre nicht möglich ohne die starke Unterstützung des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD), der wie in der Vergangenheit darauf vertraut, dass die Aktionen dieser Gruppe eine wichtige Rolle für die Entwicklung unserer Länder spielen. Die Universidad Autónoma de Nuevo León begrüsst Sie ganz herzlich und bietet hiermit ihre Unterstützung für die Verbesserung der globalen Gesellschaft an.

## TABLE OF CONTENTS

Presentation	5
General Programme	6
Technical Program	7
Goal 2017 Route	8
1. and 2. Expert's Seminar in Monterrey, Academic sessions	9
3.- Fieldwork around Monterrey	11
4. Internal Goal Meeting in Linares	14
5. Transect Linares – Matehuala	15
6. Transect Matehuala To San Luis Potosí	18
7. San Luis Potosí	20
Contributions	22



**DAAD**



**GOAL WORKSHOP 2017, XV ANNIVERSARY**  
***“THE ROLE OF THE GEOSCIENCES TO THE SOCIETY  
 DEVELOPMENT:  
 A GERMAN-LATINAMERICAN PERSPECTIVE”***  
**8.-15.05.2017**

Mexico is a growing land with a long history and a rich heritage, both geological as well as cultural. Its economic and social development is strongly linked to the natural resources, i.e. metallic and nonmetallic minerals and oil and gas. The extraction and transformation of those materials had led to profound environmental impacts in several regions. These effects, together with natural risks, triggered by earthquakes, hurricanes and volcanism, forced the Mexican society to try to better understand the Geology that rules its development. During the 2017 Goal workshop, participants will have the chance to present, analyze and discuss topics and real cases where the geological conditions rule the progress of a nation.

Goal members, researchers, representatives of the industry and government offices, and students will be invited to participate, in a multicultural and interdisciplinary atmosphere.

## GENERAL PROGRAMME

MAY 2017								
Sun	Mon	Th	We	Tu	Fr	Sat	Sun	Mon
7	8	9	10	11	12	13	14	15
Arrival in Monterrey International Airport Mariano Escobedo	1	2	3	4	5	6	7	Return to Monterrey
	Expert's Seminar Monterrey FIC UANL <i>Public presentations</i>	Expert's Seminar Monterrey FIC UANL <i>Public presentations</i>	Fieldwork around Monterrey  <i>Huasteca Canyon, Flood control Dam, Cement plant</i>	Goal Meeting Linares FCT UANL  <i>Cultural evening</i>	Fieldwork Transect Linares-Matehuala  <i>Santa Rosa Canyon, Galeana karstic structures, Potosí underground fires</i>	Fieldwork Transect Matehuala to San Luis Potosí  <i>Matehuala mine, Real de Catorce old mining town</i>	Fieldwork around San Luis Potosí  <i>Urban pathology and risks</i>	
	Monterrey			Linares	Matehhuala	San Luis Potosí	San Luis Potosí	

## TECHNICAL PROGRAM

### **1. AND 2. EXPERT'S SEMINAR, May 8 and 9, 2017**

**Monterrey, N.L., Civil Engineering School (Facultad de Ingeniería Civil) Universidad Autónoma de Nuevo León.**

**Address: Pedro de Alba s/n, San Nicolás de los Garza, 66400**

**Nuevo León, México**

At least 30 conferences will be presented by speakers from 14 countries: Germany, Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Mexico, Nicaragua, Paraguay, Peru and Uruguay.

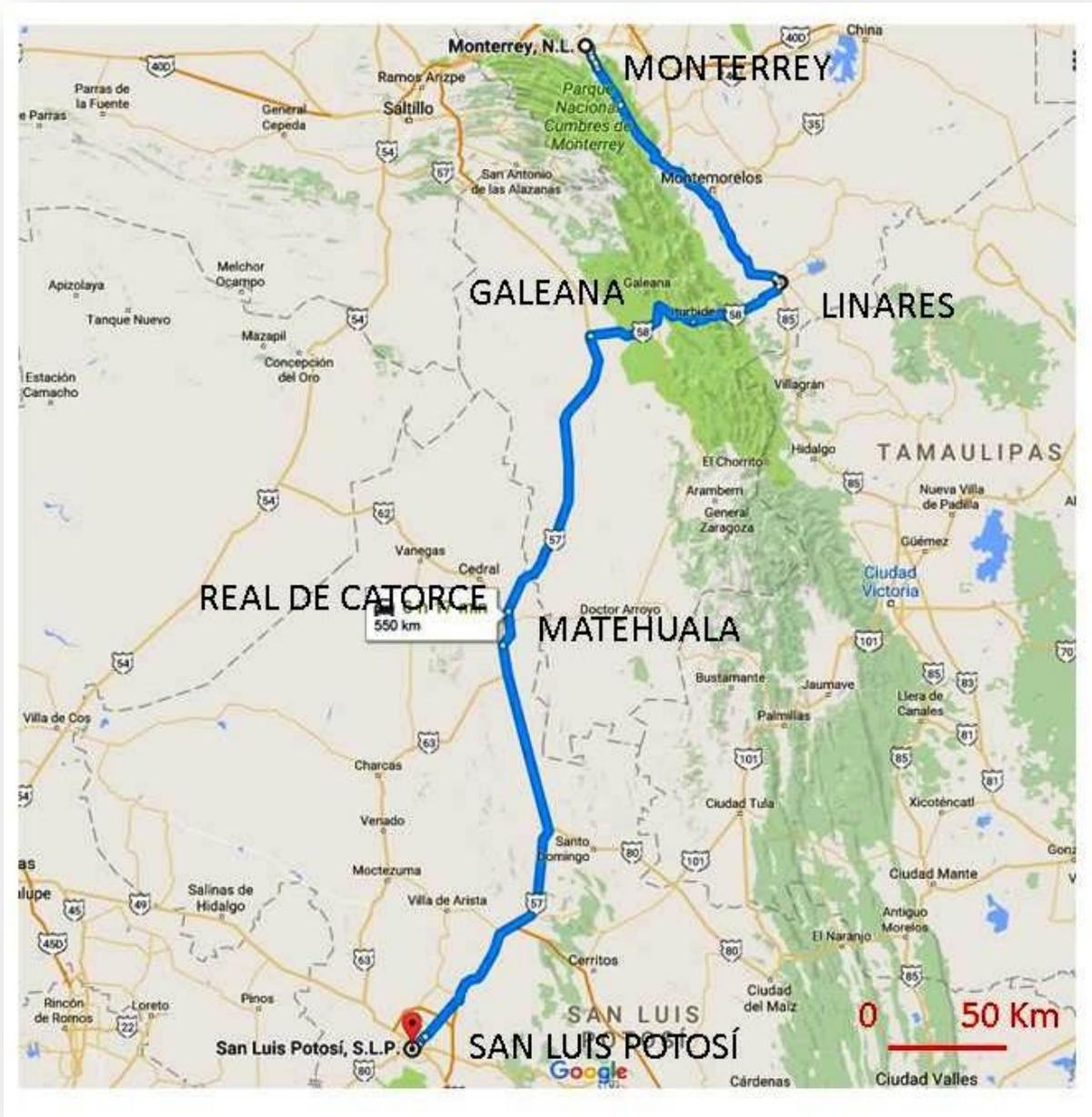
***9:00 – 13:00 and 15:00 -18:00***

***Sleep in Monterrey***

#### **General topics:**

- a) Georesources and Society.
- b) Geosciences and Environment.
- c) Sustainable Development of the Water Resources.
- d) Georisks and its Mitigation.
- e) Seismicity and its Urban Impact.
- f) Geology and Climatology

# GOAL 2017 ROUTE



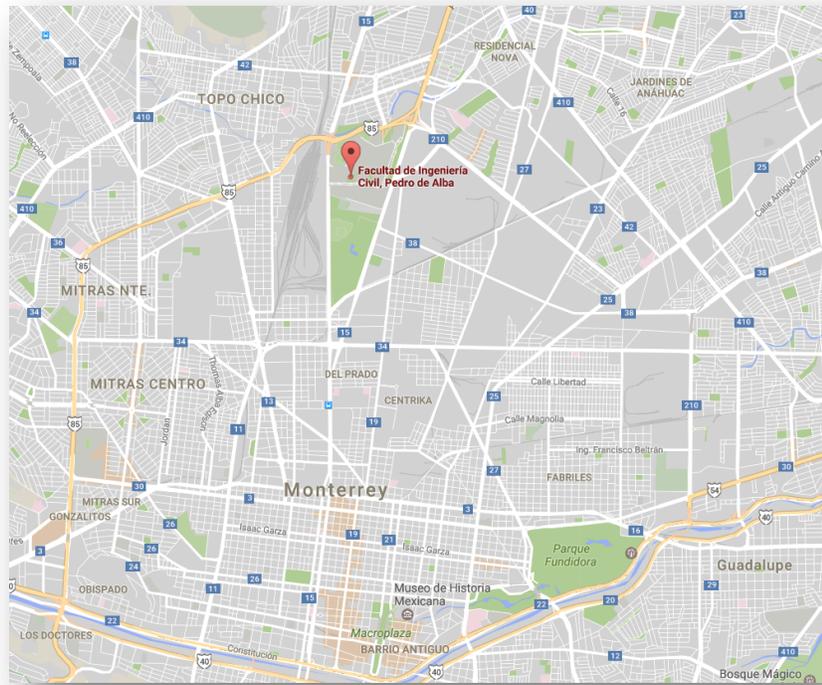
Route of GOAL Workshop Mexico 2017

**1. MONDAY 8.05.2017**

7:30 hrs.	<i>Register</i>
8:30 hrs.  <i>INAUGURATION CEREMONY</i>	<i>Presenter, Mexican Goal Coordinator Dr. Juan Alonso Ramírez Fernández</i>
	<i>Message from GOAL Chairman Prof. Dr. Jörg Matschullat</i>
	<i>Message from Dean of Civil Engineering School, UANL Dr. Pedro Leobardo Valdez Tamez</i>
	<i>Message from Dean of Earth Sciences School, UANL Dr. Sóstenes Méndez Delgado</i>
	<i>Inaugural message from UANL President MC Rogelio Garza Rivera</i>
9:00 hrs.	<i>Dr. Alfonso Martínez Muñoz Environmental Protection and Natural Resources Subsecretary of the State of Nuevo León</i>
9:20 hrs.	<i>M.A. Malgorzata Liszt DAADLecturer at UANL</i>
9:50 hrs.	<i>Official photography</i>
10:00 hrs.	<i>Coffee break</i>
10:20 – 12:20 hrs.	<i>Technical Conferences I (6)</i>
12:20 – 14:00 hrs.	<i>Lunch</i>
14:00 – 15:40 hrs.	<i>Technical Conferences II (6)</i>
15:40 – 16:00 hrs.	<i>Coffee break</i>
16:00 – 17:50 hrs.	<i>Technical Conferences III (5)</i>

**2. THURSDAY 9.05.2017**

8:00 – 10:00 hrs.	<i>Technical Conferences IV (6)</i>
10:00 hrs.	<i>Coffee break</i>
10:20 – 12:20 hrs.	<i>Technical Conferences V (6)</i>
12:20 – 14:00 hrs.	<i>Lunch</i>
14:00 – 16:00 hrs.	<i>Technical Conferences VI (6)</i>
16:00 – 16:20 hrs.	<i>Coffee break</i>
16:20 – 17:00 hrs.	<i>Technical Conferences VII (3)</i>
17:00	<i>Closure and certificate distribution</i>



*Location of the Civil Engineering School UANL*



*Location of the conference room 368176 m E, and 2845843 N*

### 3.- FIELDWORK AROUND MONTERREY, May 10, 2017

#### 3.1.- HUASTECA CANYON, SIERRA MADRE ORIENTAL

*14 R 354465 m E, 2838120 m N*

Huasteca Canyon is located directly in the southern vicinity of the metropolitan area of Monterrey. It presents the geological development of the Sierra Madre Oriental (SMO) fold and thrust belt, one of Mexico's most relevant geological provinces. It is important not only by its dimensions, but for the geo-resources and control over social development during Mexican history.

The canyon cuts the Mesozoic sedimentary sequence, consisting mainly of Upper Jurassic to Upper Cretaceous carbonates and shales. Topics to discuss in the field are: a) Geology and paleogeography of the SMO, b) Geology of the Monterrey salient ("Curvatura de Monterrey"), c) Water resources contained in this complex, and d) Importance to society of the "Cumbres de Monterrey" National Park.

Local support by: Uwe Jenchen (Earth Sciences Department, UANL)



*Landscape in the interior of Huasteca Canyon, showing the core of one of its anticlines*

### 3.2 “ROMPEPICOS” DRY DAM

*14 R 359577 m E, 2827302 m N*

The Rompepicos dam was constructed in 2002 with the intention to regulate the extraordinary floods in the Santa Catarina River that directly crosses the Monterrey metropolitan area. The dam already and successfully controlled the runoff from heavy rains of two major tropical hurricanes, Emily (2005) and Alex (2010). The damages were minimal, compared to those provoked by Gilbert (1989), when at least 200 persons died in the floods.

Already in 1896, Colonel José Andrew Robertson asked for permission to the Nuevo León State Government to build a dam to control the seasonal floods and to start water supply for Monterrey. The idea was dismissed for over 100 years, but the regional development forced to the construction of this regulation structure.



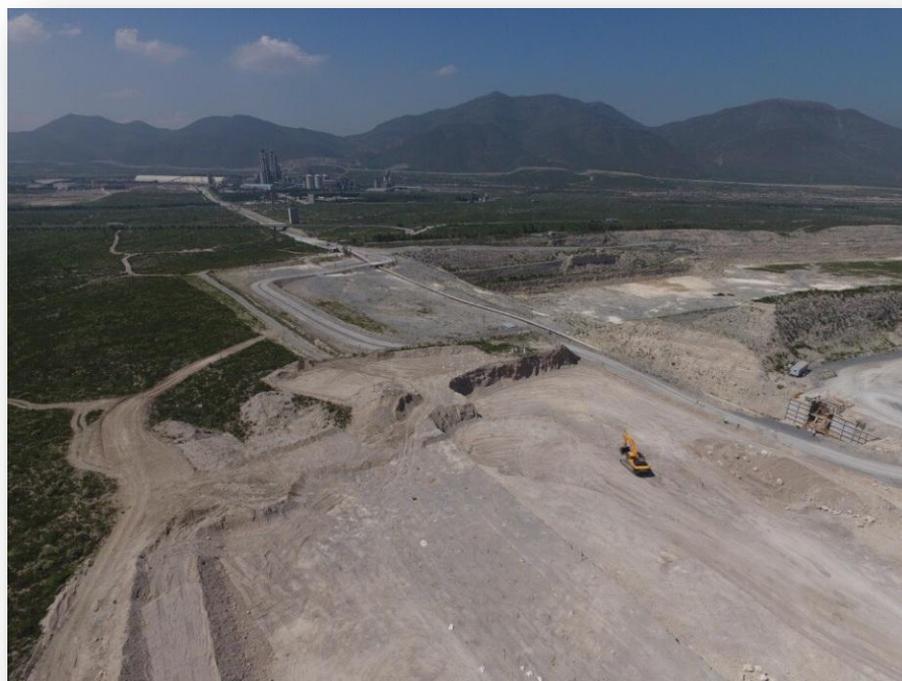
*Interior of the Rompepicos dam during the dry season*

### 3.3 VISIT TO CEMENT INDUSTRY FACILITIES

The history of economic development of Monterrey is strongly linked to the cement industry, due to convenient local supply of calcareous and argillaceous materials from both the Sierra Madre Oriental and the Parras Basin.

The group will visit the Ramos Arizpe plant of *Holcim-Lafarge*, the world leader in this industry (14 R 312420 m E, 2834095 m N). The discussions during the field work will be focused on the industrial processing, and its environmental impact.

Local support by Juan Raúl Martínez Martínez (HOLCIM)



*Holcim-Lafarge plant in Ramos Arizpe*

#### **4. INTERNAL GOAL MEETING, May 11, 2017**

**Earth Sciences School (Facultad de Ciencias de la Tierra) UANL facilities.**

**Drive Monterrey - Linares N.L., 130 km.**

**452905 m E, 2753676 m N**

*GOAL: Reports, status, future activities and perspectives.*

The Earth Sciences School (Facultad de Ciencias de la Tierra, FCT), is a successful case of German – Mexican academic collaboration. This Geosciences center is located in a nice old Mexican Hacienda from 1667, which will be an excellent place for the internal Goal meeting. FCT offers a wide spectrum of academic programs, from technicians in Geosciences, Geology, Mineralogy, Geophysics and Oil Engineering, to Master and PhD in Geosciences.



*Aquarelle of the Hacienda de Guadalupe, by Honorato Alatorre.*

**Cultural evening in Linares offered by the Local Authorities**

## 5. TRANSECT LINARES – MATEHUALA, May 12, 2017

### 230 km

For the second day of the field activities, after the GOAL meeting in Linares, a geological transect is planned. It starts in Linares and ends in Matehuala, in the state of San Luis Potosí, reaching a length of ca. 230 km. It comprises three main localities and topics; nevertheless during the trip other themes will be discussed.

### 5.1 SANTA ROSA CANYON

*14 R 426825 m E, 2737900 m N*

The Santa Rosa Canyon represents a “textbook example” of a geological profile, perpendicular to the main structural train of the SMO. The road offers outcrops of strong folded and faulted strata, due to the Cenozoic Laramide orogenesis. The selected localities will allow discussing the deformation history of these mountains, and the problems related to slope instability and hydrometeorological risks.



*Road cut in the Santa Rosa Canyon*

## 5.2 KARSTIC GEOLOGY IN GALEANA

*14 R 385576 m E, 2745093 m N*

Galeana is located in the central part of the SMO, and represents an uplifted area due to tectonic stresses by the Laramide orogenesis. Its stratigraphy is dominated by Jurassic siliciclastic and evaporitic rocks at the base of the Mesozoic stratigraphic column.

Here, gypsum and anhydrite build thick and strongly deformed bodies with minor limestone strata. Impressive karstic structures, such as dolines or sinkholes (cenotes), have developed due to long lasting dissolution processes.

Nice examples are the “Pozo de Gavilán” near Galeana , a ca. 60 m wide and 60 m deep cenote, and the subsistence effects at “Laguna de Labradores”. Goal of the visit is to show and explain the karstic phenomenon and the related risks to the inhabitants of Galeana, namely cryptic collapses and regional subsidence.



*Pozo del Gavilán Doline*



*Inundated park facilities at Laguna de Labradores*

### **5.3 POTOSI PEAT DEPOSITS AND UNDERGROUND FIRES**

*14 R 365945 m E, 2748575 m N*

Climatic conditions were quite different during the early Quaternary as compared to the present. In postglacial times the weather was warm as today, but with higher precipitation rates. Intramontane lakes and related playas were the site of local forests and wetlands. Peat deposits developed under diagenetic conditions and due to local subsidence and periodic sedimentation. Today the area presents strong problems of subsidence and underground fires, affecting local agricultural plantations (potatoes) and the integrity of the Central Highway 57, one of the roads with denser traffic in Mexico.



*Peat deposit and underground fire, Catarino Rodríguez*

## **6. TRANSECT MATEHUALA TO SAN LUIS POTOSÍ, May 13, 2017, ca. 310 km**

### **6.1 MATEHUALA**

*14 Q 331929 m E, 2615487 m N*

The small town of Matehuala is located in the semiarid Mexican Altiplano. Active Pb-Ag-Zb-Cu mining activity has a profound environmental impact on soils and underground water. The ore deposits relate to a Cenozoic granodioritic magmatic complex, intruded in Cretaceous limestones. Several modern works have been developed to detect influences on public health.

Local support by: Javier Castro Larragoitia (Geology Institute, Universidad Autónoma de San Luis Potosí)



*Santa María de la Paz mine interior, showing the typical copper mineralization*

## 6.2 REAL DE CATORCE

*14 Q 307456 m E, 2621184 m N*

Visit to Real de Catorce, one of the best examples of a “Magic Town (Pueblo Mágico)” of Mexico. It is an abandoned silver mining town in the top of Sierra de Catorce at ca. 2,800 m a.s.l. The early 20<sup>th</sup> Century Mexican Revolution forced the exodus of the miners, their families and all kind of adventurers. It is still a religious center for the Huicholes Indians, who pilgrimage hundreds of kilometers every year from other Mexican states (Nayarit, Jalisco and Durango) to the Cerro Quemado (Burned Hill) to perform transcendental ceremonies.

The stay in Real de Catorce includes the visit of selected geological exposures, historical buildings like the oldest mint house Mexico’s and abandoned mining facilities.

Local support by: Rafael Barboza Gudiño (Geology Institute, Universidad Autónoma de San Luis Potosí)



*View of Real de Catorce, historical mining town*

## **7. SAN LUIS POTOSÍ, May 14, 2017**

### **SAN LUIS POTOSÍ**

*14 Q 296109 m E, 2450614 m N*

San Luis Potosí's historical center displays a great blend of different artistic styles in many buildings and is a major example of colonial architecture in Mexico. In 2010, the historic center in the geographic center of Mexico was listed as UNESCO World Heritage Site. Many of the buildings show baroque architecture, representing an interesting mixture of Mexican and Spanish cultures. However, those buildings are suffering the effects of the pollution by industrial activity. The tuffaceous blocks display slow but continuous physical and chemical degradation. The analysis of this phenomenon is part of urban pathology projects. On the other hand, the city of San Luis is situated along active tectonic faults affecting dense constructed areas.

In San Luis Potosí the opportunity to visit colonial buildings with strong aging effects due exogenic alteration processes accelerated by anthropogenic activities. During the last fieldwork day, the effects of the modern active extensional tectonic of the Basin and Range province on the city development will be discussed in situ.

Local support by: Rubén López Doncel (Geology Institute, Universidad Autónoma de San Luis Potosí)



*Nice example of a historical building in San Luis Potosí*

## **RETURN FROM SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P. TO MONTERREY, N.L. May 15, 2017, ca. 520 km**

*Arrival in Monterrey ca. 18:00. As an alternative, Mexico City is 340 km south of San Luis Potosí, for those who want to continue their trip by their own.*



*CONTRIBUTIONS*

## CONTRIBUTIONS

<b>1. GEORESOURCES AND SOCIETY</b>	<b>28</b>
<p>LA TERMOCRONOLOGIA DE BAJA TEMPERATURA, UNA HERRAMIENTA UTIL APLICADA A LA INDUSTRIA DE HIDROCARBUROS Y RECURSOS MINEROS. CASOS DE ESTUDIO EN ARGENTINA Y BOLIVIA</p> <p><u>Raúl Becchio</u>, J. Hernández, N. Suzaño, S. Bordesesse, G. Arzadún, R. Hernández, A. Rosales.</p>	29
<p>EXPLORATION FOR COPPER AND PLATINUM GROUP ELEMENTS NEAR MAZATLAN, MEXICO</p> <p><u>Daniel Rubiolo</u></p>	33
<p>GEOLOGIA Y MINERALIZACION DE LOS ANDES CENTRALES DE BOLIVIA</p> <p><u>Wilfredo Ramos Collorana</u></p>	35
<p>AFECTACIÓN ECONÓMICA DE LA MINERIA DEL ORO EN EL DISTRITO DE PASO YOBAI - DPTO. GUAIRÁ - PARAGUAY</p> <p><u>Juan Carlos Benítez Maldonado</u></p>	37
<p>(IN-)ADEQUATE MINING PRACTICES AND THEIR RESULTING SOCIAL EFFECTS: MARIANA – MINAS GERAIS, BRAZIL</p> <p><u>Juliana A. S. Oliveira &amp; Pedro W. Santos Oliveira</u></p>	40
<p>THE SMALL-SCALE MINING SECTOR IN BRAZIL – ACTORS, PROBLEMS AND PUBLIC POLICIES</p> <p><u>Armin Mathis</u></p>	45
<p>MINING AND HUMAN RIGHTS - THE CASE OF BRAZIL</p> <p><u>Adriana de Azevedo Mathis</u></p>	46
<p>FIN DEL USO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES: ¿UTOPIA Ó REALIDAD EN LATINOAMÉRICA?</p> <p><u>María Eugenia Cisternas</u></p>	47
<p>EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA REGIÓN MINERA DE MOA, CUBA</p> <p><u>Allan Pierra Conde e Yosbanis Cervantes Guerra</u></p>	49
<p>ROL DE LA SOCIEDAD DESDE LA PERSPECTIVA DE SUS IMPACTOS Y MITIGACIONES EN SU CONVIVENCIA CON LOS RRNN</p> <p>Nestor Zaracho, Christian Moreno, Javier González, María Teresa Cantero Aguilar, Romy Ortiz, Clyde Salinas, Sandra Vázquez &amp; <u>Néstor Molinas</u></p>	61
<p>SPACE GEODESY INFRASTRUCTURE: A TOOL FOR THE STRENGTHENING OF EARTH SCIENCE RESEARCH APPLICABLE TO THE PEACE PROCESS IN COLOMBIA.</p> <p><u>Héctor Mora-Páez</u></p>	63

LOCAL PRACTICES OF ENVIRONMENTAL EDUCATION DEVELOPED BY THE CENTER FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION IN LAJEADO, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL 65  
Isa Carla Osterkamp, Edith Ester Zago de Mello, Marjorie Kauffmann, Luís André Benoitt & André Jasper

ESTUDIOS PETROLÓGICOS EN SEDIMENTOS PARA DEFINIR EL MODELO GEOTÉRMICO DE GUAYAQUIL 67  
 Tania Espinoza, Katthy López y Mauricio Cornejo

## 2. GEOSCIENCES AND ENVIRONMENT 69

CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS 70  
Ignacio Navarro de León

CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL GENERADA POR EL RELLENO SANITARIO MUNICIPAL (RSM) DE LINARES, MÉXICO 72  
Héctor de León-Gómez, Carlos R. Cruz Vega, René Alberto Dávila Pórcel, Fernando Velasco Tapia, José R. Chapa Guerrero

MODELING OF SEDIMENT AND ASSOCIATED HEAVY METAL TRANSPORT FROM INDUSTRY CONTAMINATED RIVER MARGINS. EXAMPLE FROM THE SÃO FRANCISCO RIVER, NEAR TRÊS MARIAS, BRAZIL 74  
 Chmiel, O., Kuhlmann, A., Horn, A.H., Rutschmann, P., Bui, M.D. & Trindade, W.

METODOLOGIA APLICADAS AO ESTUDO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA DE ORIGEM INDUSTRIAL NO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL 78  
Elizêne Veloso Ribeiro, Adolf Heinrich Horn, & Vilma Lúcia Macagnan Carvalho

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE TREATMENT OF LEACHATE FROM THE INGA LANDFILL IN QUITO 81  
Rodny Peñafiel, Laura Rivadeneira & Valeria Ochoa-Herrera

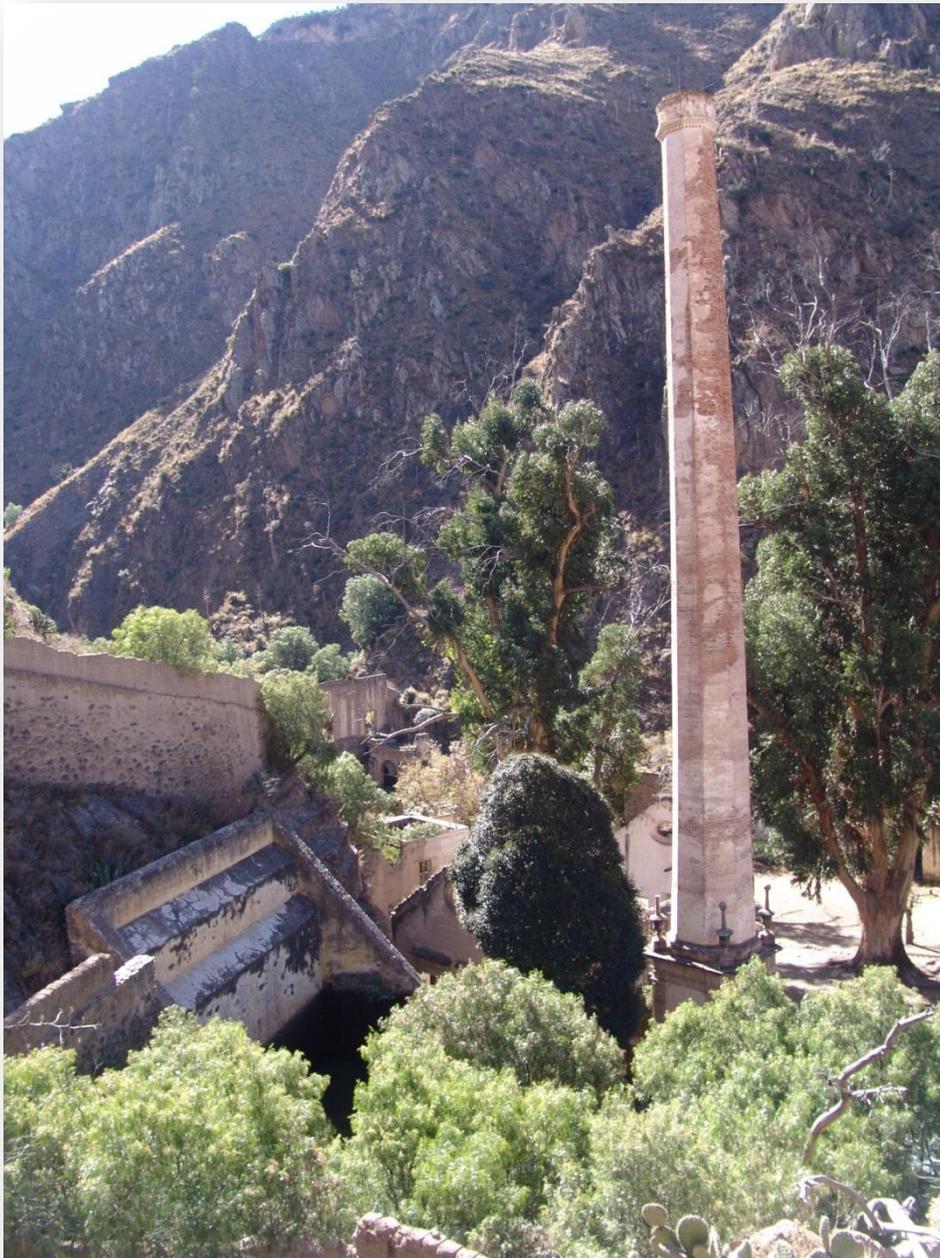
## 3. SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES 82

GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS EN MÉXICO 83  
René Alberto Dávila Pórcel & Gabriela Consuelo Covarrubias Pérez

NUEVAS ALTERNATIVAS DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LA CIUDAD DE MONTERREY IMPLEMENTANDO OBRAS HIDRÁULICAS CON DESCARGAS POR GRAVEDAD <u>Juan Antonio Valero Almaguer</u>	84
ANÁLISE GEOQUÍMICA DA ÁGUA SUPERFICIAL DO RIO JEQUITINHONHA NA LOCALIDADE: GARIMPO AREINHA DIAMANTINA-MG/BRAZIL <u>Baggio, H., Freitas, M.O., Araujo A.D., Heinrich, Horn. &amp; Pereira, W.D.</u>	85
EFEECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS <u>Celso Nazario Velázquez Ibarrola</u>	89
MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO “COSECHA DE AGUA DE LLUVIA” <u>María del Carmen Alvarez Enciso</u>	90
PROYECTO TOMANDO CON-CIENCIA AL AGUA: ALGUNAS EXPERIENCIAS POR COMPARTIR <u>Carmen Rojas</u>	93
ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA Y RESIDUAL EN LA VEREDA MANCILLA DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA <u>Paula Andrea Casas Cortés</u>	98
<b>4. GEOHAZARDS AND MITIGATION</b>	<b>100</b>
EFEECTO EROSIVO DE LA PRECIPITACIÓN ASOCIADA A EVENTOS DE TIPO CICLÓNICO EN EL NORESTE DE MÉXICO: CASO DE ESTUDIO CUENCA DEL RÍO LA SILLA <u>Víctor Hugo Guerra-Cobián</u>	101
MAPA DE IMPACTO ÁREAS DE CONSERVACIÓN VS. AMENAZAS NATURALES <u>Lolita Campos Bejarano</u>	104
GEOLOGÍA AMBIENTAL Y MECANISMOS DE COORDINACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS Y LA MITIGACIÓN DE LOS PELIGROS <u>José Frutos</u>	107

LANDSLIDE HAZARD ASSESSMENT ALONG OIL & GAS PIPELINES <u>Fabián E. Vásconez Miño</u>	108
SOCIAL ASPECTS IN LANDSLIDE STUDY AT MISHQUIYACU (LA JOSEFINA AREA) AZUAY, ECUADOR <u>Jaime Bojorque Ñeguez</u>	111
GEOGENIC CONTAMINANTS AND RISK MITIGATION MAPPING USING GIS- TECHNOLOGY Nury Morales-Simfors & Jochen Bundschuh	112
FORTALECIENDO LA RESILIENCIA EN COMUNIDADES EDUCATIVAS EN LA CUENCA DEL RÍO PÁEZ ÁREA DE INFLUENCIA DEL VOLCÁN NEVADO DEL HUILA (COLOMBIA) Agudelo, A, Narváez, A, Pulgarín, B, Montoya, L.C, & Ramírez. Y.	115
<b>5. SEISMICITY AND URBAN IMPACTS</b>	<b>122</b>
SISMICIDAD AL INTERIOR DE CONTINENTES. CASO NORESTE DE MÉXICO. <u>Juan Carlos Montalvo Arrieta</u>	123
ZONIFICACIÓN-CARACTERIZACIÓN OBJETIVA DE FALLAS SÍSMICAS EN COSTA RICA Y SU IMPACTO ECONÓMICO-SOCIAL <u>Allan López, Birgit Müller, Oliver Heidbach, Wilfredo Rojas &amp; Mario Fernández</u>	124
AVANCES DEL PROYECTO EXPERIMENTAL “ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE MUROS DE MAMPOSTERÍA BAJO LA ACCIÓN DE CARGAS LATERALES CÍCLICAS REVERSIBLES” JH Chávez-Gómez, <u>R. Pérez-Martínez</u> & F. Ruvalcaba	126
<b>6. GEOLOGY AND CLIMATOLOGY</b>	<b>127</b>
CENIZAS VOLCÁNICAS ALTERADAS DE LA FORMACIÓN SAN FELIPE (CRETÁCICO SUPERIOR), SIERRA MADRE ORIENTAL, NORESTE DE MÉXICO <u>Fernando Velasco-Tapia</u>	128
WHAT CAN PERMO-TRIASSIC FIRE DYNAMICS TELL US ABOUT POTENTIAL CONSEQUENCES OF CURRENT GLOBAL WARMING? <u>André Jasper &amp; Dieter Uhl</u>	132

LOWER JURASSIC SILICEOUS SEDIMENTARY FACIES OF CENTRAL PERU. GEOCHRONOLOGY, STRATIGRAPHY, AND ECONOMIC IMPLICATIONS. EXAMPLE FOR A MASS EXTINCTION RELATED TO CLIMA CHANGE <u>Silvia Rosas</u> , Kathleen Ritterbush, David Bottjer, Frank Corsetti, Joshua West, William Berelson, Joyce Yager & Urs Schaltegger	134
CONSECUENCIAS DEL ANOMALÍA TÉRMICA DEL NIÑO COSTERO EN LA COSTA NORTE Y CENTRO DEL PERÚ- VERANO 2017 <u>Maria del Pilar Rodriguez W.</u>	136
EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES DEL ECUADOR DURANTE LOS ÚLTIMOS 60 AÑOS Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO <u>Bolívar Cáceres Correa</u>	137
<b>FIELD GUIDES</b>	<b>142</b>
OBJETIVOS DEL TRABAJO DE CAMPO TALLER GOAL MÉXICO 2017 <u>Juan Alonso Ramírez Fernández</u>	143
LA HUASTECA CANYON <u>Uwe Jenchen &amp; Juan Alonso Ramírez Fernández</u>	145
GEOLOGICAL STUDIES ON VOLCANIC TUFFS USED AS NATURAL BUILDING STONES IN THE HISTORICAL CENTER OF SAN LUIS POTOSI, MEXICO <u>R.A. López Doncel</u> , W. Wedekind, N. Cardona-Velázquez, P.S. González-Sámamo, R. Dohrmann, S. Siegesmund & C. Pötl	150



## *1. GEORESOURCES AND SOCIETY*

**LA TERMOCRONOLOGIA DE BAJA TEMPERATURA, UNA HERRAMIENTA  
UTIL APLICADA A LA INDUSTRIA DE HIDROCARBUROS Y RECURSOS  
MINEROS. CASOS DE ESTUDIO EN ARGENTINA Y BOLIVIA**

*R. Becchio<sup>1</sup>, J. Hernández<sup>1</sup>, N. Suzaño<sup>1</sup>, S. Bordesse<sup>1</sup>, G. Arzadún<sup>1</sup>, R. Hernández<sup>1</sup>,  
A. Rosales<sup>2</sup>.*

<sup>1</sup> La.Te. Andes S.A., Las Moreras N° 510 – Vaqueros, 4401. Salta, Argentina. rbecchio@lateandes.com.ar

<sup>2</sup>YPFB Chaco S.A., 6to Piso, Av. San Martín N°1700, Santa Cruz de la Sierra. Bolivia.

La termocronología de baja temperatura, trazas de fisión en apatita (110-60 °C) y (U-Th)/He en apatita (60-40 °C) y zircón (240-270°C), constituyen herramientas útiles en el estudio de la evolución termo-tectónica de cuencas sedimentarias, prospección de yacimientos de hidrocarburos (Qiu et al., 2012) y para determinar la presencia, volumetría, tiempo, duración y grado de exposición/erosión de depósitos metalíferos y mineralizaciones (Mc Innes, 2005). También es utilizada para cuantificar la evolución del relieve y la historia térmica de rocas ígneas y metamórficas junto con procesos de subsidencia y exhumación. Esta técnica tiene mayores ventajas cuando se combina con otros termocronómetros, más aún con geocronómetros de alta temperatura como el U/Pb en zircones (800-750°C). Para el caso de un sistema de Cu porfírico, se puede conocer la edad de emplazamiento, cristalización y mineralización, posterior soterramiento o exhumación y grado de erosión (Fig.1). Esta combinación de técnicas permite encontrar posibles anomalías térmicas y cuantificar pérdida de espesores sedimentarios por levantamientos tectónicos/denudación.

La utilización simultánea de estas herramientas en exploración de hidrocarburos en Argentina y Bolivia es relativamente nueva y más aún su aplicación en la exploración de sistemas mineralizados con circulación de fluidos (hidrotermales).

En la siguiente contribución se presentan dos casos de estudios, uno vinculado a la cronología de frentes deformación andinos en relación a cuencas productivas de hidrocarburos en el sistema Subandino Sur de Bolivia y otro en relación a la valoración de las edades de emplazamiento de un intrusivo riolítico tipo pórfido con mineralización de molibdeno en la Puna de Argentina.

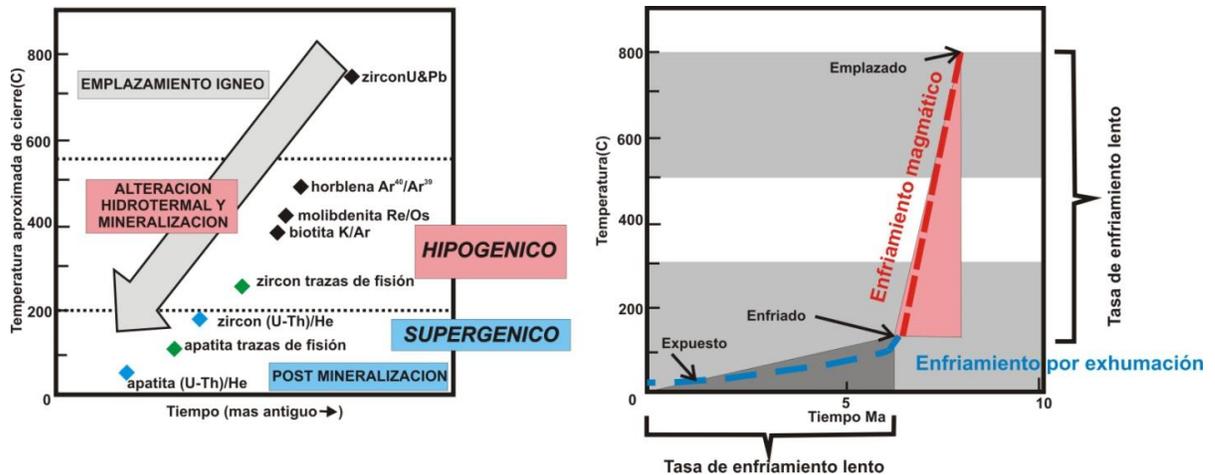


Figura 1: a) Diagrama esquemático de la relación T-t, de varios cronómetros y procesos geológicos. b) idem anterior vinculado en relación con procesos de enfriamiento hidrotermal/magmático y por exhumación. Se muestra también el tiempo de emplazamiento, enfriamiento y exposición de un sistema porfírico. (Mc Innes 2005).

En estos casos fueron realizados en primer término un estudio de detalle de la geología de superficie y posteriormente análisis de termocronología de baja temperatura mediante trazas de fisión en apatita (AFTA). Los datos derivados de estos análisis para el caso de las cuencas hidrocarburíferas, fueron utilizados para el cálculo de edades centrales mediante Trackkey y para generar modelos térmicos (HeFTy®; Ketcham, 2009). Estos modelos numéricos permiten establecer los máximos de temperatura alcanzados y el tiempo para el cual se inició el enfriamiento posterior al calentamiento máximo, que produjo el reseteo de los sistemas isotópicos.

Para el caso del sistema Subandino de Bolivia los hallazgos más sobresalientes desde el punto de vista de la evolución térmica de la cuenca, se pudo definir un nuevo modelo de deformación para una faja plegada y corrida con alta tasa de exhumación en la zona del Oroclino Boliviano. El modelo estructural, propuesto es para el Área Hidrocarburífera de Isarsama, en el Departamento de Cochabama, localizada al norte del denominado codo de Arica o Santa Cruz *Boomerang* (18° sur). Los resultados de AFTA a partir de muestras del Devónico hasta el Terciario, indican una historia térmica (T-t) durante el Mioceno, caracterizada por un proceso extremadamente rápido de enterramiento – calentamiento y posterior exhumación- enfriamiento, evidenciada por un parcial reseteo (annealing) del largo de las trazas y los datos geológicos conocidos con una pérdida importante de cobertura, mediante erosión. Las apatitas provenientes

de secuencias devónicas hasta carboníferas, presentan un reseteo parcial durante un intervalo de tiempo entre el Triásico-Jurásico, relacionado posiblemente a un ambiente de tectónica extensional con el correspondiente incremento de flujo térmico. Por otro lado el parcial reseteo de las muestras mesozoicas y casi nulo de muestras entre el Jurásico- Cretácico Inferior hasta el Mioceno, sugieren que el flujo térmico, fue inferior a la temperatura de cierre isotópico ( $< 110$  °C) posteriormente al Jurásico Medio, posiblemente relacionado a una posición de alto estructural de la secuencia. Una edad U/Pb SHRIMP de un nivel de toba, de  $8.62 \pm 0.15$  Ma, define el inicio de la secuencia del Mioceno, y mediante el modelado numérico se obtuvo que el levantamiento estructural ocurrió mediante la conformación de una estructura anticlinal, que conforma el núcleo de la sierra La lluviosa alrededor de los 4 Ma. De esta manera se construyó un modelo de enterramiento (maduración) y exhumación que involucra variaciones en el flujo térmico y cuantificaciones del movimiento de las fallas. De acuerdo a ello se puede establecer las condiciones de formación de hidrocarburos (gas/liquido) y también la evolución del sistema estructural que conforma las trampas de hidrocarburos de esta región.

Para el caso de la geología económica, se ha encontrado que las técnicas de termocronología de baja temperatura, constituyen una poderosa herramienta a la hora de evaluar la factibilidad económica de un determinado distrito o prospecto minero. El caso de estudio que se presenta corresponde a un sistema de pórfiro de Cu (tres cuerpos subvolcánicos) emplazado durante el Mioceno,  $18.9 \pm 0.5$  (K/Ar en sanidina), emplazados en granitos y gabros del Ordovícico inferior con desarrollo de alteraciones hidrotermales y concentración de minerales de interés económico, denominado prospecto Vicuña Muerta. Se encuentra delimitado en su borde norte y sur por fallas de geometría anastomosada que definen una estructura anular conspicua. En base a resultados de AFT (Insel *et al.* 2012), estas estructuras son resultado de la reactivación andina entre los 20 a 16 Ma, de zonas de deformación dúctil regionales del Paleozoico inferior con rumbo meridiano y NO-SE. La geometría de la falla y el movimiento relativo de bloques proporcionaron un ambiente tectónico propicio para el ascenso de múltiples pulsos de magmas. El emplazamiento de estos magmas fue contemporáneo con una tectónica activa de exhumación que generó una alta tasa de enfriamiento ( $\Delta T$   $650^{\circ}\text{C}$ - $110^{\circ}\text{C}$  / 2 Ma,  $\Delta H$ ). Además, las estructuras controlaron la distribución, migración de fluidos hidrotermales y la mineralización de Mo asociadas.

Los resultados de AFTA y de K/Ar, en el contexto geológico y tectónico, permiten definir una edad de emplazamiento del sistema porfírico y su posterior evolución relacionado a una alta tasa de enfriamiento/exhumación con fuerte erosión de la cobertura.

### **Referencias**

- Insel, N., Grove, M., Haschke, M., Barnes, J. B., Schmitt, A. K. y Strecker, M. R. 2012. Paleozoic to early Cenozoic cooling and exhumation of the basement underlying the eastern Puna plateau margin prior to plateau growth. *Tectonics* 31(6).
- McInnes, A., Evans . J., Fu, F. and Garwin, S., 2005, Application of Thermochronology to Hydrothermal Ore Deposits: *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 58, 467-498.
- Qiu, N., Chang, J., Zuo, Y., Wang, J., Li, H., 2012, Thermal evolution and maturation of lower Paleozoic source rocks in the Tarim Basin, Northwest China: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 96(5), 789-821.

## EXPLORATION FOR COPPER AND PLATINUM GROUP ELEMENTS NEAR MAZATLAN, MEXICO

*Daniel Rubiolo*

GeoServa Consultants Ltd. Vancouver, BC, Canada

danielrubiolo@gmail.com

Mafic-ultramafic (M-UM) complexes in Mexico span from Paleozoic to Paleocene and are associated with diverse tectomagmatic settings (Gonzalez-Jimenez et al., 2017).

A mafic-ultramafic complex 20 km north of Mazatlan was explored for disseminated copper and platinum group elements (PGE) in 2011. Geology of the area consists of Jurassic clastic sedimentary rocks overlaying a quartz-dioritic basement Pre-Jurassic age. The M-UM layered igneous complex forms an ENE-WSW striking intrusive body of probably Jurassic-Early Cretaceous age. The Sinaloa Batholith (Late Cretaceous to Early Cenozoic) intruded the M-UM complex (Henry et al., 2003).

The M-UM complex is predominantly composed by plagioclase-clinopyroxene gabbro, including pyroxenite layers. Mafic minerals are altered and replaced while feldspar crystals are relatively fresh. Pyroxene crystals are generally replaced into tremolite and chlorite by metamorphism. Magnetite occurs mostly as secondary mineral forming veinlets with chlorite.

Exploration activities involved geological mapping at 1:5,000, soil sampling, trenching, geophysics surveys and drilling. The program included 4900 meters drilled on 21 holes using a combination of NQ-BQ sized drill rods. Deviation surveys were measured every 100 m. Core logging included photographing the core, RQD measuring, and core description based on three attributes: lithology, alteration and structural features. Sampling intervals were generally based on attributes and mineralization, and they were normally limited to 2.0 meters long (if well mineralized reduced to 1 meter). Half-core were taken using rock saw. A quality control and quality assurance program (QA/QC) included insertion of blanks, standards and duplicates. A total of 2374 samples were shipped and analyzed at an international certified laboratory. Gold and the PGE elements were analyzed by fire assay with an ICP-ES, and 31 additional elements by ICP-AES.

Disseminated chalcopyrite mineralization generally occurs on pyroxenites (PYXX) and feldspatic pyroxenites (PYXF). Mineralization in gabbros occurs as sulfide veining filling

microfractures or as copper-oxides. Drill intercepts reported 0.5% Cu and 0.6 g/t PGE (Pt+Pd)+Au over 50 meters.

## REFERENCES

- Gonzalez Jimenez, J.M., Proenza, J.A. Martini M., Camprubi, A., Griffin, W.L., O'Reily, S.Y. & Pearson, N.J., 2017. Deposit associated with ultramafic-mafic complexes in Mexico: the Loma Baya case. *Ore Geology Reviews*, 81: 1053-1065.
- Henry, C.D., McDowell, F.W and Silver, L.T., 2003. Geology and Geochronology of granitic batholith complex, Sinaloa, Mexico; Implications for Cordilleran magmatism and tectonics. *Special Paper - Geological Society of America*, 374: 237-273.

## GEOLOGIA Y MINERALIZACION DE LOS ANDES CENTRALES DE BOLIVIA

*Wilfredo Ramos Collorana*

Carrera de Topografía y Geodesia, Facultad de Tecnología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia.

wramoscollorana@yahoo.com

La geología y la mineralización en los Andes Centrales de Bolivia están muy relacionadas y conforman el Orógeno Andino y las Fajas metálicas que lo caracterizan. El ambiente geológico de los Andes Centrales se caracteriza por el desarrollo de la cadena andina con una dirección NO en la parte septentrional y NS en la parte meridional, producto del Oroclino Boliviano. El ángulo de subducción entre la placa Suramericana y oceánica en los Andes Centrales es de alrededor de 30°; y el espesor de la corteza es aproximadamente 70 km en esta zona.

Las unidades geológicas en los Andes Centrales fueron agrupadas en provincias geológicas que son: Las Sierras Subandinas, Cordillera Oriental, Altiplano y la Cordillera Occidental. La geología está compuesta por un basamento Precámbrico (Cerro Chilla), mientras los afloramientos del Paleozoico están ampliamente distribuidas, entre las cuales las del Ordovícico están más expuestas. El Mesozoico se desarrolló en un ambiente extensivo y el Cenozoico se caracteriza por sedimentitas continentales y volcanismo. El magmatismo en la Cordillera Oriental está desarrollado en intrusivos de edad J-K al norte, Oligoceno en la parte central y del Mioceno en la parte meridional. Además, hay un magmatismo de arco y trasarco, correspondiente a la Cordillera Occidental y las mesetas de Morococala y Los Frailes respectivamente.

La distribución regional de los depósitos minerales en los Andes Centrales de Bolivia está asociada a las fajas metálicas del orógeno andino que son: Faja Polimetálica (Au, Au-Sb, Pb-Ag-Zn) marginal de la Cordillera Oriental, Faja Estañífera (Sn,W, Bi, Pb, Zn, Au-Ag), y la Faja Polimetálica (Ag, Au, Pb, Zn) del Altiplano y la Cordillera Occidental.

En la Faja Polimetálica Marginal de la Cordillera Oriental existen mineralizaciones vetiformes de Au, Au-Sb y Ag,Pb,Zn, que están emplazadas en rocas sedimentarias paleozoicas. Consisten en vetas de cuarzo emplazadas en rocas ordovícicas, con oro - antimonita con control estructural y litológico que determinaron depósitos de tipo oro orogénico. Este conjunto de depósitos corresponden a la faja auro-antimonífera. La mineralización de Pb-Ag-Zn se encuentra en la parte oriental emplazados en rocas de edad paleozoica.

En la Faja Estañífera, los depósitos minerales son vetiformes de tipo polimetálico (Sn, W, Bi, Pb, Ag, Au) y están asociados a los intrusivos de edad Jurasica-Cretacica al norte, Oligocena

en la parte central y a complejos volcánicos – subvolcánicos del Mioceno en la parte meridional. El magmatismo y los eventos metalogénicos mencionados y la asociación polimetálica (Sn, W, Bi, Pb, Ag, Au) son los controles para su mineralización.

La Faja polimetálica de la Cordillera Occidental y del Altiplano consiste de mineralizaciones polimetálicas asociadas al volcanismo Cenozoico, en los cuales existen evidencias de alteración hidrotermal, distinguibles en la imagen satelital que corresponden a argilización, sericitización, caolinización y silicificación. Las mineralizaciones son en general de tipo vetiforme con dirección este – oeste, y variantes al NE - SO y NO – SE; la asociación metálica es de Ag, Pb, Zn, Au y los minerales principales son galena argentifera, esfalerita, tetraedrita, bismutina. También existen depósitos de Cu, asociados a volcanismo y a ambientes sedimentarios.

Los depósitos minerales de los Andes Centrales de Bolivia y sus principales controles de mineralización están asociados al ambiente geológico regional de esta zona y a las fajas metálicas mencionadas.

## AFECTACIÓN ECONÓMICA DE LA MINERÍA DEL ORO EN EL DISTRITO DE PASO YOBAI - DPTO. GUAIRÁ - PARAGUAY

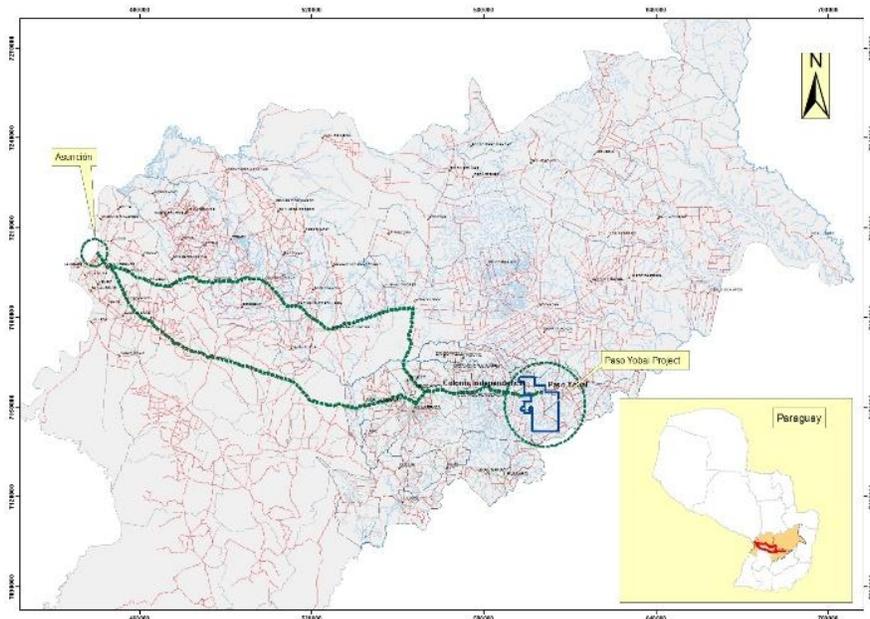
*Juan Carlos Benítez Maldonado*

Latin American Minerals Inc. Paso Yobai, Paraguay

jbenitez.lat@gmail.com

Paso Yobái es un distrito y ciudad paraguaya localizada en el norte del Departamento del Guairá, en la Parte Central de la Región Oriental del Paraguay.

Las huellas de actividades económicas tradicionales asociadas a la agricultura, a la ganadería, a la explotación maderera, y actualmente la extracción minera, han modelado los escenarios físicos, geoeconómicos y ambientales de Paso Yobai a través del tiempo. Actualmente esta región está atravesando una acelerada etapa de transición en solo dos décadas. La actividad económica tradicional iniciada con la explotación maderera de los ricos bosques guaireños y la yerba mate autóctona, ha pasado a la explotación agrícola extensiva del no menos rico suelo local, hasta que en el año 1997 nuevos espacios económicos se dieron para propios y extraños con la llegada de nuevas actividades económicas formadas a través de la explotación aurífera.



Paso Yobai, que tiene orígenes yerbateros y forestales, fue también en el pasado un lugar de asentamiento de la etnia mby'a. Se fundó en 1923 por el colono francés Jorge Naville a los efectos del aprovechamiento de su rica vegetación forestal.

Tras décadas de explotación forestal quedaron extensos terrenos donde se desarrolló rápidamente cultivos agrícolas para la subsistencia familiar, extendiéndose a través de los colonos, a extensas plantaciones de yerba mate, dándose con el tiempo un desarrollo superlativo a este rubro otorgándosele al distrito el mote de "Paso Yobai - Capital de la Yerba Mate". Con el tiempo otros rubros agrícolas como algodón, caña dulce, trigo y soja se sumaron para aprovechar el rico suelo dejado por los antiguos bosques. A este rubro se sumó la ganadería muy localizadamente.

El Paraguay ha tenido casi nulos antecedentes mineros en la época colonial, excepto indicios de minería aurífera relacionados a las Misiones Jesuíticas para en el uso del mineral en púlpitos, estatuas y altares con restos de oro y policromía de mediados de S XVIII.

Solo a mediados del siglo XIX que se dio la única experiencia de minería metálica en una floreciente época del Paraguay a través de la explotación de Hierro dando lugar a una próspera industria metalurgia nacional con ferrocarriles, astilleros, armamentos, etc.

Tras 140 años renace la minería metálica en el país con el descubrimiento de oro aluvial en los cauces hídricos de Paso Yobai. Este hallazgo trajo a numerosas personas que empezaron a explotar el oro aluvial de los cursos de agua para ir desarrollando de una minería artesanal y mediana a partir del descubrimiento de la veta primaria en el año 2000 en el saprolito de un dique basáltico en las partes superiores de las colinas de la región. La exploración y explotación por capitales Canadienses con uso de nuevas tecnologías ha dado énfasis a la actividad minera.

Desde este descubrimiento, Paso Yobai está atravesando una apurada etapa de transición y revitalización social, económica y funcional por la llegada de nuevas actividades, a través de la minería. En veinte años es constante y notorio el crecimiento en la cadena de producción y los beneficios directos e indirectos a cierta parte de la población, impulsando así, parcialmente, mayor bienestar y nuevos empleos en el medio rural, notándose un importante crecimiento de la infraestructura, vida confortable, y alcance a mayores servicios. Pero si bien el descubrimiento

de la veta aurífera ha incrementado la prosperidad en Paso Yobai, también acarrea un sin número de problemas ambientales, especialmente la notable contaminación con mercurio.

Además, aunque el beneficio es notorio en el pueblo, este desordenado progreso también está limitado a cierta parte de la población ya que ésta actividad minera esta en gran parte sustentada en la minería ilegal; operando sin permisos gubernamentales, sin pagos de impuestos, con transacciones en negro, contrabando, salarios injustos, explotación del hombre por el hombre, carencia de seguridad social u otros beneficios que dan las actividades amparadas por el marco de las leyes, y ocasionando grave contaminación ambiental. Se fundamenta esto en los numerosos de actores principales que no se corresponden con la pequeña minería o son foráneos, paraguayos o no, comerciantes sin escrúpulos, que explotan y usan a los reales mineros artesanales.

Por ello, es necesario realizar un riguroso análisis del contexto en que se encuentra el distrito; tanto social, económica, cultural, funcional, etc, del modo a establecer programas gubernamentales de acción, a nivel, estatal, municipal e internacional; con el objetivo prioritario, de generar una conciencia acorde a un desarrollo sustentablemente, donde se priorice el medio ambiente, la calidad de vida de los residentes, y la oportunidad para introducir mejoras y nuevas formulas de aprovechamiento y beneficios económicos, sociales y culturales para todo el distrito que enfrentan a una nueva realidad funcional. Hay que lograr que se consoliden nuevas estructuras funcionales y sociales donde las ocupaciones o actividades económicas, agropecuaria, forestal, comercial, mineras, etc., coadyuven de forma equilibrada para aprovechar y desarrollar el distrito, por sobre mezquindades particulares y en desmedro del bien comunal.

**(IN-)ADEQUATE MINING PRACTICES AND THEIR RESULTING SOCIAL  
EFFECTS: MARIANA – MINAS GERAIS, BRAZIL**

*Juliana A. S. Oliveira<sup>1</sup>, Pedro W. Santos Oliveira<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Federal University of Minas Gerais, Brazil; jaso\_rx@hotmail.com <sup>2</sup>University Fumec, Minas Gerais, Brazil;  
pedrowso13@hotmail.com

Throughout the history of Brazil, the mining activity has always been highly profitable. In light of the pursue of even higher profits, the manner of work is not always the safest or the most adequate when related to implementation or operation of an exploiting plant, even less so in a sustainable way.

An example of this reality is known as “the greatest environmental tragedy in the Brazilian history”: the breaking of the Fundão dam in Mariana, Minas Gerais, in November 2015, that left 19 dead – children and adults – hundreds of homeless people and destruction that reached 650km all the way to the ocean, damaging the Atlantic Bioma and the Doce River bed. The districts of Bento Rodrigues, Paracatu de Cima, Paracatu de Baixo and Barra Longa in the central region of Minas Gerais State were the most damaged. Up to this date, January 2017, the mining tailings are still being dumped in the Doce River bed, thus harming the life of those who live by the river.

According to the Ibama, the environmental agency, recovering the river will take at least 10 years. There were amines in the mud, normally used for separating silica from iron ore. Some of these composites are not instantly biodegradable; they carry high toxicity to aquatic life. They are also capable of rising the pH levels of water and soil, thus causing in imbalance in the ecosystems.

Furthermore, the mud reduces water oxygen levels and, as the sediments harden, these may alter the course of currents and reduce soil fertility. Agriculture will be hindered and the large quantity of slurry that will settle on the Doce river bed and its affluents may alter the course of the hydrographic basin.



*Bento Rodrigues street, Mariana, after disaster*



*Krenac Indians, disappointed*

The unit operators Samarco, Vale and BHP Billiton were indicted with nine counts of crimes against the environment, involving fauna, flora, pollution, urban organization, and cultural heritage; also three counts of crimes against the environmental administration, totalling 12 counts of environmental crimes. They are going to be held responsible for the death of almost 20 people.

#### REFERENCES

Brown, David. et al. 501 Desastres mais devastadores de todos os tempos. Trad. Catharina Pinheiro. 1ª edição brasileira. São Paulo: Editora Lafonte, 2012.

Portal Estado de Minas. <[http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/17/interna\\_gerais,708767/minas-tem-quase-100-barragens-sem-fiscalizacao.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/17/interna_gerais,708767/minas-tem-quase-100-barragens-sem-fiscalizacao.shtml)>.

Portal R7 Notícias. <<http://noticias.r7.com/minas-gerais/minas-tem-29-barragens-em-risco-aponta-relatorio-12112015>>.

UOL Notícias. <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/11/06/o-que-se-sabe-sobre-o-rompimento-das-barragens-em-mariana-mg.htm>>.

<<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimasnoticias/2015/11/06/mortes-danos-ambientais-e-sequelas-marcam-tragedias-com-barragens-no-pais.htm>>

<http://www.ihu.unisinos.br/561425-uma-denuncia-para-cobrar-punicao-pelos-mortos-no-desastre-de-mariana>

## **AS PRÁTICAS (IN)ADEQUADAS EM MINERAÇÃO E SEUS EFEITOS SOCIAIS:**

### **MARIANA – MINAS GERAIS – BRASIL**

*Juliana A. S. Oliveira<sup>1</sup>, Pedro W. Santos Oliveira<sup>2</sup>*

Universidade Federal Minas Gerais, Brasil; jaso\_rx@hotmail.com <sup>2</sup>Universidade Fumec, Minas Gerais, Brasil;  
pedrowso13@hotmail.com

A atividade em mineração foi e continua sendo, em toda a história do Brasil, uma atividade altamente lucrativa. E em nome desta, visando lucros cada vez maiores, nem sempre se trabalha da maneira mais adequada ou segura na instalação e operação de uma planta de exploração, ou de modo sustentável.

Um exemplo dessa realidade ficou conhecido como “a maior tragédia ambiental da história brasileira”: o rompimento da barragem do Fundão em Mariana, Minas Gerais, em novembro de 2015, deixando 19 mortos - entre crianças e adultos -, centenas de desabrigados e um rastro de destruição que se estendeu por 650 quilômetros até o litoral, danificando a Mata Atlântica e a bacia do Rio Doce. Os distritos de Bento Rodrigues, Paracatu de Cima, Paracatu de Baixo e Barra Longa, na região Central de Minas Gerais, foram os mais afetados. Até hoje, janeiro de 2017, o rejeito de mineração continua sendo despejado na bacia do Rio Doce, afetando a vida de ribeirinhos. Segundo o Ibama, órgão do meio ambiente, a recuperação do rio levará, no mínimo, 10 anos. Na composição da lama da barragem havia aminas de éter, geralmente utilizadas para separar sílica do minério de ferro. Pelo menos alguns dos compostos não são prontamente biodegradáveis e têm elevada toxicidade para os organismos aquáticos. São também capazes de elevar os níveis de pH da água e do solo, causando desequilíbrios nos ecossistemas. Além disso, a lama reduz os níveis de oxigênio na água, e, à medida que os sedimentos endurecem, podem alterar o curso das correntes e diminuir a fertilidade do solo. Assim a agricultura será dificultada, e a grande quantidade de lodo que irá se assentar no fundo do Rio Doce e afluentes poderá alterar curso da bacia hidrográfica.



*Rua de Bento Rodrigues, Mariana, após o desastre.*



*Indíos Krenac, decepcionados*

As operadoras da unidade, as empresas Samarco, Vale e BHP Billiton vão responder por nove tipos de crimes contra o meio ambiente, que envolvem crimes contra a fauna, a flora, crime de poluição, contra o ordenamento urbano e patrimônio cultural e ainda por três crimes contra a administração ambiental, totalizando 12 tipos de crimes ambientais. Irão responder ainda por homicídio qualificado pela morte de quase 20 pessoas.

Estudo divulgado em 2014 classificava represas que se romperam em Mariana como inseguras. Segundo o Ministério Público Federal, as investigações mostraram que os denunciados sabiam dos riscos de rompimento da barragem e, em vez de paralisar seu funcionamento, continuaram a operação de forma irresponsável. "O que houve foi o sequestro de uma política mais responsável de segurança da barragem por uma busca incessante por lucro".

A Samarco pretende voltar a operar em Mariana até meados de 2017. Após o rompimento da barragem de Fundão, a empresa teve que interromper suas atividades. Atualmente, a mineradora busca licenças para a deposição de rejeitos de sua atividade.

A ausência de estudos consistentes de sondagem e de inspeção contínua das obras contribui significativamente para o cenário recorrente de colapso de barragens. Fora de Minas Gerais 4 barragens romperam nos últimos 12 anos.

A vulnerabilidade do Estado de Minas Gerais também é explicada pela maior exploração de atividade minerária, a qual necessita dessas estruturas em seu processo produtivo.

Contemporaneamente existem cerca de 750 barragens em Minas Gerais, sendo mais de 300 delas de rejeitos minerários.

A solução para mitigar os riscos desses eventos é a implantação de uma fiscalização periódica mais rigorosa e a adoção de estudos e técnicas estruturais mais eficientes. Quanto à redução dos danos, mostra-se necessária a implantação de medidas preventivas, como a instalação de sistemas de alerta precoce e de estruturas hábeis a resistir aos impactos nos locais possivelmente atingidos em caso de rompimento.

## REFERÊNCIAS

Brown, David. et al. 501 Desastres mais devastadores de todos os tempos. Trad. Catharina Pinheiro. 1ª edição brasileira. São Paulo: Editora Lafonte, 2012.

Portal Estado de Minas. <[http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/17/interna\\_gerais,708767/minas-tem-quase-100-barragens-sem-fiscalizacao.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/17/interna_gerais,708767/minas-tem-quase-100-barragens-sem-fiscalizacao.shtml)>.

Portal R7 Notícias. <<http://noticias.r7.com/minas-gerais/minas-tem-29-barragens-em-risco-aponta-relatorio-12112015>>.

UOL Notícias. <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/11/06/o-que-se-sabe-sobre-o-rompimento-das-barragens-em-mariana-mg.htm>>.

<<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimasnoticias/2015/11/06/mortes-danos-ambientais-e-sequelas-marcam-tragedias-com-barragens-no-pais.htm>>

<http://www.ihu.unisinos.br/561425-uma-denuncia-para-cobrar-punicao-pelos-mortos-no-de-sastre-de-mariana>

## THE SMALL-SCALE MINING SECTOR IN BRAZIL – ACTORS, PROBLEMS AND PUBLIC POLICIES

Armin Mathis

Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), Universidad Federal de Pará

armin.mathis@gmail.com

Small-scale mining is almost associate with the informal artisanal extraction of gold and gems in bad working conditions and with great environmental impacts. However small-scale mining is not only this, small –scale mining is also responsible for the production of most of the minerals used in public and private construction activities (sand, gravel, stones) and small-scale mines also produce most of the clays for ceramic coverings, bricks and roof tiles.

Official data published by the Brazilian federal agency for statistics indicate 10.600 mining enterprises in activity. A minor part of these firms (8%) is dedicated to the extraction o metallic minerals, most of them (92%) are mining non-metallic mineral, mostly stones, sand and clay. Taking in account the size of the businesses, almost all of the mines are run by micro (77%) or small (19%) firms, only 4% are medium or big corporations. The exploration of sand, stones and clay is done practically exclusively by small-scale mining (99%). In these small mining sites about 86.000 persons are working, that's about 44% of the workforce engaged in the Brazilian mining industry.

The environmental impacts caused by the mining activities and the abandoned mines, the non-observance of labour legislation, the lack of tax paying, the conflicts on land use due to mining activities in urban environments or in protected areas are multiple challenges for the public administration at all levels of the federal state.

The presentation will draw an image of the diversity of the small-scale mining sector in Brazil and analyse the public policies addressed to enhance the performance of the sector and to mitigate the problems caused by the informal actors.

## MINING AND HUMAN RIGHTS - THE CASE OF BRAZIL

*Adriana de Azevedo Mathis*

Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciencias Sociais Aplicadas, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Brazil.  
drika.avezedo@hotmail.com

In most Latin American countries, the model of economic development favors global oriented macro-policies based on job creation, social protection by programs of income complementation and education and training programs. Such a development path is open for the intensification of extractive activities, as it increases the demand and consumption of materials by the mineral transforming industries. The environmental and social impacts of the mineral extraction affect the population in different and unequal manners.

As a counter position to this ongoing process there is an increasing discourse of protection, guarantee and promotion of human rights by public policies, by enabling the access to social rights conquered in the past and by the creation of new forms of social struggle and social resistance.

In Latin American countries and especially in Brazil these contradictions are part of the daily life of the population that lives in the vicinity of mining projects.

The presentation will show the results of research, carried out in several Latin American countries, on relationship of transnational corporations and human rights. The most important findings are: intensification of social conflicts at local level, spoliation of common goods, threats to the rights of self-determination of the locals, criminalization of the leaderships of the social movements, intimidation of associations engaged in defense of human rights, increase of homicidal violence, weakness of health and labor safety policies in front of the large-scale outsourcing processes.

## FIN DEL USO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES: ¿UTOPIA O REALIDAD EN LATINOAMÉRICA?

*María Eugenia Cisternas*

Instituto Geología Económica (GEA), Universidad de Concepción, Chile. mcistern@udec.cl

La forma de producir electricidad está a punto de cambiar de forma drástica, de modo que la era de los combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo) se acerca a su fin. El giro radical en el mundo en tema energético no está dado porque se estén agotando las reservas de combustibles fósiles, sino por la aparición de alternativas energéticas más baratas con mínimo impacto en el medioambiente. El pico máximo de demanda de combustibles fósiles se ha adelantado, previsiblemente para el 2025, debido a que los coches eléctricos y las baterías para almacenar electricidad de origen renovable se están desarrollando más rápido de lo previsto. La tendencia actual es *pasar del carbón directamente a las renovables*, sin recurrir al uso extensivo del gas como puente entre ambas, lo que significa que el gas ya no tendrá su esperada edad de oro.

En 2015 confluyó una serie de acontecimientos que han impulsado lo que bien podría ser un punto de inflexión en la historia del sector energético, marcando el inicio del fin de la era de los combustibles fósiles y el inicio de una fase que podría hacer posible alcanzar **la meta mundial de cero emisiones netas de carbono** antes de finales de este siglo. Esos hitos son:

- 1) la caída de precio del petróleo, que se inició en 2012, se vio acelerada a partir del 2015, sin provocar un efecto negativo sobre la incorporación de energías renovables y sin ralentizar la tendencia al abandono paulatino de los combustibles fósiles como fuente de energía;
- 2) **la adopción de energía limpia batió récords en 2015, debido a una disminución sustancial del precio. Se estima que la tendencia a la baja del precio se acentuará aún más, previéndose que para el 2040 éste se reducirá en un 60% para la energía solar y en un 41% para la energía eólica;**
- 3) el 2015 ha sido el único período de la historia en que las emisiones de CO<sub>2</sub> han bajado, incluso en el contexto de una economía mundial en expansión. La principal razón es que **el consumo de carbón está disminuyendo en los países industrializados y ha empezado también a retroceder lentamente en países con economías emergentes como China y la India. De hecho, la demanda de carbón en China tocó fondo en 2015**, lo cual implica que la quema de carbón por parte del mayor emisor de dióxido de carbono del mundo podría estancarse.

4) El denominado Acuerdo de París, adoptado el 12 de diciembre de 2015 durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 21) por los 195 países miembros, debe entrar en vigencia el 2020, cuando finalice el Protocolo de Kyoto. Este acuerdo compromete, **por primera vez**, a las naciones firmantes **a reducciones específicas** de emisiones de gases de efecto invernadero, enfatizando además la necesidad urgente de una mayor inversión en investigación y desarrollo de tecnologías de energías limpias.

La condición de no retorno del punto de inflexión en la historia del sector energético, que se marca en el 2015, dependerá en gran medida de lo que acontezca en Asia y Latinoamérica. En este trabajo se revisa la matriz energética actual y futura de países de Latinoamérica, comparándolas con aquellas de países desarrollados. Existe el riesgo que los bajos precios que se pronostican para el carbón tienten a las economías de Latinoamérica a incrementar su uso en la generación de electricidad considerando solamente el costo-beneficio a corto plazo. Este peligro puede ser disminuido si los geocientistas se vuelcan a desarrollar actividades informativas a las comunidades locales, con el fin de poner la mirada científica por sobre consideraciones económicas de las elites, pero también como contrapeso a las opiniones sin base de ciertos grupos de ambientalistas.

## EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA REGIÓN MINERA DE MOA, CUBA

*Allan Pierra Conde<sup>1</sup> e Yosbanis Cervantes Guerra<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, apierra@mes.gob.cu

<sup>2</sup>Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba

### **Resumen**

Los problemas ambientales hoy constituyen una gran preocupación a nivel global, regional y local, por lo que se ha hecho necesario implementar instrumentos preventivos y correctivos que permitan un desarrollo sostenible. Este trabajo obedece a uno de esos instrumentos preventivos, y como una parte fundamental contiene la evolución histórica y una visión general del estado actual del medio ambiente en la región minera de Moa, ya que es necesario para conocer el grado de transformación y los impactos ocurridos en el lugar, para la formulación de estrategias de desarrollo sostenible.

### **Summary**

*Environmental problems today are a major concern at the global, regional and local level, and it has become necessary to implement preventive and corrective instruments that allow sustainable development. This work is due to one of these preventive instruments, and as a fundamental part contains the historical evolution and an overview of the current state of the environment in the mining region of Moa, since it is necessary to know the degree of transformation and the impacts occurred locally, for the formulation of strategies for a sustainable development.*

### **Introducción**

Para comprender el comportamiento de los impactos sobre el medio ambiente del territorio, se requiere de una aproximación histórica que permita interpretar acertadamente el actual sistema de conflictos ambientales, sus solapamientos, tendencias y posibles transformaciones. Es en éste análisis histórico donde se pueden dilucidar las complejas relaciones causa-efecto y profundizar en el conocimiento de la dinámica de los cambios ambientales, así como la génesis y desarrollo de las contradicciones y conflictos que tienen lugar en el medio ambiente de un territorio. La asimilación del territorio de Moa ha tenido causas diferenciadas respecto al resto del territorio cubano, que se reflejan en la lentitud que experimentó en sus inicios el proceso de desarrollo, en las características de sus tipos de asimilación económica y en los acelerados niveles de asimilación alcanzados en la actualidad.

## **Historia ambiental de la región de Moa**

En la transformación medioambiental del territorio de Moa, han tenido lugar un conjunto de regularidades y patrones de asimilación espacial, que han determinado su situación ambiental actual, con una distinción de los procesos espaciales de asimilación, resumidos según su carácter dinámico temporal en tres etapas: la del surgimiento (Etapa de Subsistencia); la del inicio del crecimiento (Etapa de Economía Extractiva) y la del desarrollo en la economía del territorio de procesos planificados y expresiones proporcionales en los planos sectorial y territorial (Etapa Revolucionaria). El análisis temporal de la asimilación económica del territorio de Moa es factible de presentar en tres grandes etapas:

Surgimiento de la Economía Tradicional de Subsistencia.

Aunque no se puede precisar el inicio de esta etapa, existen conjeturas que indican la presencia indígena (Precolombina) en el territorio. No obstante, existen dos probables residuarios protoagrícolas ubicados en el extremo nordeste del municipio actual Moa. Hasta 1910, la economía del territorio era fundamentalmente de subsistencia, basada en las actividades de la pesca, la agricultura y la fabricación de carbón, presentando esta etapa un patrón de asentamiento poblacional puntual y aislado, próximo a la costa, dado que la única vía de comunicación del territorio era la marítima.

La limitación de los suelos cultivables y la dificultad de las comunicaciones (únicamente marítimas), mantuvo a la región de Baracoa (de la cual el territorio de Moa formaba parte) como un área de ocupación humana deficiente, distribuyéndose la población, de acuerdo con el patrón de la accesibilidad marítima y la fertilidad de los suelos, en pequeños asentamientos humanos, de manera lineal (pero aislados incluso por vía terrestre) alrededor de la costa con su respectiva salida al mar, de forma que cada uno venía a convertirse en una metrópoli comercial de una pequeña área aislada. Durante esta etapa, la ocupación del territorio estaba caracterizada por muy bajas densidades de población y la misma se localizaba preferentemente hacia el Este del actual territorio. Los impactos ambientales en esta etapa, pueden considerarse insignificantes y localizados, de manera puntual, en los asentamientos poblacionales costeros.

## Etapa de Crecimiento de la Economía Extractiva.

La región, por el carácter de sus suelos lateríticos y su topografía abrupta, exceptuando la estrecha llanura costera, escapó de la deforestación intensiva a que estuvo sometido el resto de la Isla por el desarrollo de la industria azucarera, dado por la necesidad de proveer tierras para el cultivo de la caña de azúcar y combustible para la industria. Esto tuvo su mayor auge en la segunda mitad del siglo XIX, y más aún, en la primera del siglo XX. Se inició así, una explotación forestal selectiva para la extracción de maderas, y en cierta medida, de resinas, todo ello con un carácter marcadamente local. En el siglo XX, se incrementó cuantitativamente la extracción de maderas en toda la región, pero manteniendo un carácter selectivo. Este incremento de la explotación forestal, afectó prácticamente todo el territorio, por lo que actualmente resulta imposible identificar geosistemas totalmente naturales, aunque los resultados obtenidos reflejan, que en estas áreas tiene lugar un intenso proceso de regeneración natural de la vegetación.

El eje fundamental del desarrollo de esta etapa, lo constituye la explotación foránea de los recursos naturales del territorio, con orientación comercial al mercado exterior, principalmente norteamericano, y se basó en la actividad extractiva de los recursos forestales y la extracción y explotación de los yacimientos de cromo del territorio. Aunque en los primeros decenios de esta etapa, se reportaron actividades extractivas en los bosques y en los yacimientos de cromo, no es hasta finales de la década del 30 del pasado siglo, en que ambas actividades alcanzan un nivel de desarrollo y extensión territorial para considerarlas como fuerzas motrices de las transformaciones ambientales en la región. Corresponde a estas actividades, la primera explosión demográfica que experimentó el actual municipio Moa, debido principalmente a la inmigración de braceros para su ocupación en el territorio, el barrio de Moa experimentó un incremento poblacional del 300 % entre 1930 y 1940 debido a la expansión de las explotaciones mineras que se acentúan a partir del año 1940, y a la continuidad de la actividad forestal.

Se puede abundar sobre las dimensiones territoriales de los impactos ambientales ocasionados por la explotación del cromo y de los recursos forestales. A continuación se reproduce su trabajo sobre ambas actividades.

### *La explotación del Cromo*

Desde 1888 se conoce la existencia de las minas de cromo de Punta Gorda, sin embargo, su explotación comenzó en 1905 en el yacimiento “Potosí” por la compañía Harbinson y Walker

(norteamericana) extendiéndose hasta el año 1910. En 1914 la explotación del cromo toma auge con la apertura de los yacimientos Cayo Guam y Narciso, en ese mismo año se construye el pequeño poblado de Punta Gorda y un atracadero para la exportación del mineral. En 1916 la explotación se trasladó a otros yacimientos, se llevó a efecto por medio de pequeñas canteras y algunos socavones. En el año 1933 la compañía “Bethlehen Iron Co.” se interesó por las cromitas refractarias, comenzando los trabajos en Nuevo Potosí, Tao y otras zonas, utilizando métodos de explotación a cielo abierto y subterráneo.

No es hasta 1940 que comienza a realizarse una verdadera explotación a gran escala en los yacimientos de Cayo Guam. Para ello fue construida una vía de acceso para el traslado del mineral hasta el puerto de Punta Gorda. La mayor producción de cromita correspondió precisamente al periodo de la Segunda Guerra Mundial. La producción mensual llegó a alcanzar 1 500 t.

Los primeros trabajadores provenían de los alrededores de Baracoa, Santiago de Cuba y Sagua de Tánamo, sumando un total de 385 obreros en 1940, con los que se garantizó la producción de cromo de esos años. Las facilidades habitacionales eran viviendas fueron construidas por los propios trabajadores y barracones. En este período proliferaron bares, cafés, billares, prostíbulos, además una farmacia, un médico, un telégrafo y un teatro.

#### *La explotación de los recursos forestales.*

A finales de 1937 comienzan los estudios para dar apertura a una industria maderera en el territorio de Moa, los que fueron llevados a cabo por la firma norteamericana consignataria de buques de Santiago de Cuba: Walmore y Brooke, que constituyen la Compañía Madereras Moa. Las posibilidades de explotar los recursos forestales, propició que la compañía norteamericana construyera un aserrío para la tala y aprovechamiento de los bosques del territorio. A fines de 1937 y principios de 1938 se introducen los primeros equipos.

A finales de 1939 comienzan las operaciones y la madera obtenida era utilizada en la producción nacional, particularmente el pino. La tala comenzó por los bosques cercanos, cuyo desmonte posibilitó que en los terrenos talados se erigiera el asentamiento poblacional de Moa. En este período, las escasas vías de comunicación obligaron a los americanos a construir una pequeña pista de aterrizaje para sus avionetas que viabilizaba sus actividades de negocio.

El desarrollo y expansión territorial de ambas explotaciones propició sin lugar a dudas un impacto notable sobre el ambiente del territorio de Moa, la actividad de la extracción del Cromo con un comportamiento espacial puntual, y la explotación maderera con un comportamiento espacial extensivo, derivando ambos en una explotación indiscriminada de los recursos forestales del territorio y en la transformación antrópica de los hábitats naturales. Con el fin de la Segunda Guerra Mundial ambas actividades habían decaído ostensiblemente, y la situación económica del territorio se encontraba en franco estancamiento, sin embargo, la región se vio nuevamente convulsionada debido a los intereses norteamericanos en la explotación de los yacimientos de níquel del territorio.

### *La explotación del níquel*

En 1950 la Freeport Sulphur hace las exploraciones de los yacimientos de Moa y solicitan créditos a bancos norteamericanos para emprender una nueva obra. Su apresurado interés estuvo motivado por el hecho de que los estudios realizados arrojaron que el territorio era rico en níquel, cobalto, hierro y otros minerales en menor cuantía. Entre 1952 y 1959 se inicia la construcción de la Planta Procesadora de Níquel por la compañía Minera Bahía de Moa, subsidiaria de la Freeport Nickel Company, que a su vez pertenecía a la Freeport Sulphur Company. Se emplearon más de 3 200 hombres en esta obra. Durante ese período de tiempo se estimó que la población flotante de Moa ascendió a 7 000 habitantes.

Sin lugar a dudas, por la magnitud de la obra que se ejecutaba en el territorio, se operaron impactos sociales de relevancia sobre todo en lo referente a la estructura demográfica. Se puede considerar que durante la realización de este proyecto se produce la segunda explosión demográfica y se sientan las bases para una transformación acelerada del medio físico de la región, teniendo en cuenta los notables impactos que originaría la minería a cielo abierto del níquel. Esta fábrica no llega a ser explotada por los norteamericanos debido al proceso de nacionalización llevado a efecto por el gobierno revolucionario en el año 1959.

### Economía planificada y proporcional en los niveles sectorial y territorial

Con el triunfo revolucionario se producen en el territorio una serie de transformaciones sociales y económicas que permitieron sentar las bases para el desarrollo de un fuerte enclave minero metalúrgico en la región de Moa. Este proceso se inició con la puesta en marcha de la planta de níquel “Comandante Pedro Sotto Alba” (PSA), y continuó con un proceso inversionista

sin precedentes en la historia del municipio dirigido a consolidar la base técnico material necesario para el desarrollo de la industria niquelífera.

La tercera explosión en el crecimiento poblacional cobra auge en el período 1975-1980 alcanzando la cifra de 23 250 habitantes, coincidiendo con la construcción masiva de instalaciones productivas e industriales tales como el combinado lácteo, la presa Nuevo Mundo, líneas de transmisión eléctricas, sub-estaciones eléctricas, carreteras, la nueva planta niquelífera (Punta Gorda), instalaciones portuarias, aeropuerto, rehabilitación de la Planta de Níquel PSA, un combinado mecánico, un amplio programa de viviendas, un policlínico, 49 escuelas, redes infraestructurales industriales y sociales, etc.

El efecto territorial sobre el medio ambiente que se atribuye al desarrollo de la industria del Níquel en Moa, la puesta en marcha de la Planta PSA, representó a principios de los años 60, un impacto a la hasta entonces naturaleza “virgen”, que se vio afectada por las emanaciones de gases tóxicos procedentes de la planta de ácido sulfúrico, el vertimiento de los licores residuales y de las colas ácidas y lo más importante; por la desaparición de extensas áreas de bosques debido a la acción de la minería a cielo abierto. Esta situación se agravó con el inicio de la producción en la fábrica “Comandante Ernesto Ché Guevara” (ECG), que aumentó los problemas medio ambientales de la región.

Los principales focos de contaminación de la PSA fueron durante largo tiempo (muchos de los cuales aún se mantienen en la actualidad) la presa de mineral de rechazo, el vertimiento de agua de la planta de pulpa, el vertimiento de residuales de la planta de secado ubicada en el puerto, el vertimiento del licor residual al río Cabañas, el vertimiento de aguas residuales de las plantas de proceso al sistema de canalización, la emisión de gases en la planta de ácido sulfúrico, la emisión de gases en la planta termoeléctrica, la emisión de gases en la planta de sulfuro, la emisión de gases en la planta de neutralización, el vertimiento de residuales de la planta de tratamiento de agua y el vertimiento de colas.

La fábrica mantiene los vertimientos de sus residuales al río Cabañas afluente del río Moa, con una carga de sólidos diluidos de 27 000 kg/día para ese momento. El volumen diario de ese licor residual asciende a alrededor de 12 000 m<sup>3</sup> diarios a plena capacidad de la planta con un alto grado de acidez.

Los residuales sólidos (colas) constituyen un volumen de 4 000 t/día son enviadas a una presa aledaña a la industria. Para esta fecha en un área de alrededor de 10 km<sup>2</sup> se almacenan millones de toneladas de desechos a los que aún no se les ha dado una solución para su posterior

empleo. Además, debido a las lluvias y en ocasiones por deficiencias en la explotación de la presa se producen arrastres de residuales que afectan las aguas de los ríos aledaños y el manto freático. Inmediatamente al oeste de la presa de colas, se localiza el acuífero aluvial de La Veguita, sobre el plano aluvial del río Moa y del cual se abastece gran parte de la población de Moa.

La industria metalúrgica del níquel, se caracteriza por la deforestación de grandes extensiones de terreno debido a la explotación minera a cielo abierto. En el caso de la planta de níquel PSA, el ritmo de deforestación representa unas 30 ha anuales.

El relieve montañoso de la zona en que se encuentran situados los yacimientos y las características mismas de las cortezas lateríticas, propician al lavado del terreno minado y las escombreras con el arrastre posterior del mineral hacia arroyos y ríos adyacentes.

El diseño de la Planta de Punta Gorda como se conoce también la fábrica “Comandante Ernesto Che Guevara” (ECG), debió considerar las medidas de control de las emisiones de polvo, gases y sustancias nocivas. Sin embargo, desde los primeros años de explotación, por graves problemas tecnológicos y de diseño, unido a una efectividad muy baja en la extracción de níquel, la planta experimentó un cuadro ambiental muy desfavorable con la expulsión y vertido de sustancias nocivas y gases en general, en volúmenes varias veces por encima de lo estipulado.

En la producción de Níquel se emplean grandes volúmenes de materias primas consideradas productos tóxicos industriales debido a sus efectos nocivos sobre el organismo humano.

Los principales focos de afectación al medio ambiente del área son la deforestación de terrenos boscosos, la emisión de gases y polvo de los secaderos, la emisión de gases y polvo de los molinos, de los hornos de reducción, la emisión de gases del sistema de absorción de la planta de lixiviación y del sistema de absorción de la planta de amoníaco, el vertimiento de colas, el vertimiento de efluentes de la filtración en la planta de calcinación, la emisión de polvos y gases del calcinador, la emisión de gases de la máquina de sinter, el vertimiento de agua sin neutralizar de la central termoeléctrica y el vertimiento al mar de rechazo de carbón antracita en la planta ubicada en el puerto.

La extracción de más de 1,2 millones de toneladas de laterita para su procesamiento industrial, está precedida de la tala anual de 30 ha de bosques y el movimiento de 1,8 millones de m<sup>3</sup> de tierra vegetal (escombro) que es depositado en terrenos aledaños. Todo este proceso afecta directamente a la flora, con la destrucción de la vegetación y daño a la fauna; aumenta el polvo

en el ambiente producto de los movimientos de tierra y la existencia de grandes escombreras descubiertas que arrastran por la acción de las lluvias gran cantidad de sedimentos a través de los ríos hasta el mar, provocando una elevada erosión y acarcavamiento de los suelos. Un ejemplo de las consecuencias de la minería debido a la mala conformación de las escombreras y las lluvias, consistió en la inundación de la zona suroeste de la carretera de acceso a la fábrica, con la consiguiente pérdida de la flora y la fauna de esta área.

El depósito de los desechos de la limpieza de los tanques y plantas en múltiples basurales localizados en los alrededores de la planta y en la presa de cola, constituye un foco importante de contaminación extendido a través de 2 km, dentro y fuera de la fábrica. Situación similar presenta la planta PSA.

Los trabajos de reforestación en la zona de Moa comenzaron en 1986, la causa fundamental de no haberlos iniciado antes, estriba en el hecho de que la explotación de estos yacimientos no cuenta con un plan de manejo integral, pues sólo se extrae el mineral limonítico (en las áreas de explotación de la PSA), quedando sin explotar la porción serpentinitica del mineral laterítico que podría extraerse mediante la tecnología CARON que utiliza la Planta ECG. Por tal motivo, las escombreras que contienen reservas minerales no se han reforestado.

### **Impactos ambientales de la industria minero metalúrgica**

La industria metalúrgica del Níquel, se caracteriza por la deforestación de grandes extensiones de terreno debido a los trabajos de minería a cielo abierto, el empleo de materias primas consideradas productos tóxicos industriales debido a sus efectos nocivos sobre el organismo humano y la generación de grandes volúmenes de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.

Las acciones que han repercutido en la calidad ambiental del área son la deforestación y movimientos de tierra para las actividades de exploración geológica, explotación minera propiamente dicha, el transporte del mineral, la disposición de los residuos de la minería (escombros), la emisión de gases y polvo producto de las actividades de procesamiento del mineral en las plantas, el almacenamiento de colas y el vertimiento de efluentes líquidos y sólidos de estas plantas.

#### *- Pérdida de la cobertura vegetal*

Producto de la deforestación se produce una alteración de la composición florística original con la pérdida de especies y poblaciones vegetales y animales, la fragmentación y destrucción de los hábitats para la fauna y la pérdida de la superficie disponible para la diversidad biológica.

- *Aceleración de los procesos erosivos y aumento de la sedimentación en las corrientes superficiales aguas abajo*

Este es un impacto derivado del anterior, ya que con la pérdida de la cobertura vegetal producto de la exploración geológica, además de la explotación y la existencia de grandes escombreras descubiertas en las vertientes de los ríos, los caminos mineros no compactados, sin obras de drenaje e innecesariamente anchos; las plataformas para la excavación de las calas para muestras tecnológicas y la desprotección de los taludes y laderas; han provocado una fuerte erosión de las pendientes y el arrastre de significativos volúmenes de sedimentos hacia los cauces de los ríos.

- *Deterioro de la calidad de las aguas superficiales por turbidez y contaminación*

El acarreo de grandes volúmenes de sedimentos y su transporte por las corrientes superficiales ocasionan la colmatación de los cauces y la contaminación de las aguas por materiales sólidos en suspensión y disueltos. Las concentraciones de metales pesados en las aguas de estos ríos son altas, el Yagrumaje y el Punta Gorda, conjuntamente con el Moa, presentaron los valores más altos de metales pesados (Fe, el Al, Cr, Mn, Ni, y Co, Cu, Zn, Ba, Pb, y Cd), asociado a la explotación y exploración minera que se ejecuta en estas cuencas

Los impactos provocados al medio ambiente costero y marino de la Bahía de Moa por la operación y vertimientos conjuntos de las plantas PSA y ECG, y fundamentalmente la primera, cuya pluma de descarga de contaminantes, que se caracteriza por el color blanco de las aguas, se extiende a lo largo de toda la franja costera desde la boca del puerto y la desembocadura del río Moa, hasta la desembocadura del río Punta Gorda, la cual es perfectamente observable a simple vista y en las imágenes de satélite.

- *Deterioro de la calidad del aire por contaminación con gases y polvo*

Las actuales emisiones de gases ( $\text{SO}_x$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$  y polvo en suspensión y sedimentable) que se producen por las principales fuentes emisoras (PSA y ECG) dan lugar a concentraciones que degradan notablemente la calidad del aire en el territorio. El impacto negativo provocado puede ser considerado severo si se tiene en cuenta que, en algunas zonas, las concentraciones superan varias veces los estándares sanitarios vigentes en el país.

### **Perspectiva del desarrollo a futuro**

El municipio de Moa, afronta el agotamiento en un plazo de 20 años de sus reservas de Níquel y Cobalto asociado, que suelen aportar 600 millones de dólares anuales. Por ello el sector niquelífero se enfrasca en lograr más eficiencia industrial con modernización tecnológica,

procesar residuos guardados durante décadas en diques de cola (relaves) y explotar antiguos y nuevos yacimientos. La proyección inmediata no va al crecimiento sino a buscar más eficiencia metalúrgica y disminución de los costos

Los grandes yacimientos de Moa son explotadas por la empresa mixta cubano canadiense PSA y la empresa estatal ECG, que integran un conglomerado minero-metalúrgico y colocan a Cuba entre los primeros 12 productores de Níquel del mundo. Al ritmo actual de extracción, las reservas de níquel en la localidad alcanzan para unos 18 o 20 años. La caída de los precios del Níquel y el Cobalto asociado en el mercado internacional desaconsejan, además, aumentar la producción.

Las cotizaciones del metal, que se usa para aleaciones especiales y la fabricación de artículos de alta demanda como baterías, teléfonos móviles, automóviles y turbinas de aviones, alcanzaron el valor más bajo en los últimos 10 años, mostrando en los últimos meses una ligera recuperación al mantenerse por encima de los 9 000 USD la tonelada. Por ello se pronostica que el Níquel aportará ingresos muy inferiores al promedio de 600 millones de dólares de los últimos años. El hundimiento de los precios se debe al frenazo de la economía de China, el mayor comprador de Níquel del planeta, y a que la nación asiática apuesta a un sustituto más económico. También asoman productores emergentes con los que extractores tradicionales deben compartir el mercado.

La PSA opera al máximo de su capacidad para obtener 37 500 toneladas anuales de sulfuro de níquel. La segunda procesadora de Moa, la estatal Ernesto Che Guevara, aporta unas 18000 t. Esta procesadora está recibiendo fondos “para incrementar la eficiencia metalúrgica y energética”, en una modernización que culminará en 2019. La mejora incluye modificaciones para operar con combustibles más económicos, modernizar sus procesos y construir otro depósito de almacenamiento de residuos sólidos. En conjunto, Cuba planea mantenerse en una producción de 56 000 toneladas anuales de sulfuro de níquel y cobalto.

Un proyecto clave la fábrica de ferroníquel, un metal empleado para hacer aceros inoxidables. La planta Ferroníquel Minera SA, que construye en la localidad una empresa mixta estatal cubano-venezolana, procesará cuando entre en operación la parte de la roca que no aprovechan las fábricas actuales.

Todavía no se tiene una definición exacta de la manera en que va a cambiar Moa, porque todavía quedan 20 años de explotación de la parte del mineral que aprovechan las plantas actuales.

## Conclusiones

La actualización del modelo económico cubano que desde 2008 se lleva a cabo pone énfasis en los sectores de la minería y la energía, para explotar potencialidades que van desde activar antiguas minas, procesar residuos con nuevas tecnologías, extraer petróleo en su territorio y en su plataforma marítima y ampliar, a la vez, el uso de las energías renovables. El Níquel domina el sector minero cubano, es el primer producto exportable del país y tradicionalmente ocupa la segunda o tercera fuente de ingresos.

El desarrollo de programas y estrategias que favorecen la diversificación de las actividades económicas en el municipio de Moa mediante un “Programa de Desarrollo Integral Municipal” es uno de los principales objetivos del planteamiento de políticas destinadas a generar una mejor relación entre la industria del Níquel, el medio ambiente y sociedad.

Un proceso de desarrollo sostenible apalancado por los recursos temporales que la minería del Níquel puede generar pasa por fortalecer iniciativas que impulsen la modernización y desarrollo alternativo del aparato productivo local sobre la base del aprovechamiento de las fortalezas, la innovación tecnológica, la generación de capacidades locales y formación del potencial humano.

Es decir, construir una economía local que:

- Sea diversificada,
- Tenga potencial para crecer,
- Vaya más allá del ciclo mineral,
- Cumpla las aspiraciones de la población en cuanto al nivel de vida,
- Ofrezca múltiples y diversas ocasiones de empleo local indirecto

Para ello se debe partir de dos principios fundamentales:

El primero: encontrar los mecanismos efectivos para utilizar las demandas de bienes y servicios y los ingresos entregados por la minería para potenciar otros sectores de la economía.

El segundo: buscar condiciones para que los productos no mineros puedan encontrar mercados externos que permitan reemplazar los actuales ingresos de la minería, cuando ésta experimente problemas de reservas o precios.

Resumiendo, los efectos económicos de los proyectos mineros a nivel local o regional dependen de distintos tipos de variables. Aunque la actitud de las empresas implicadas es importante, igualmente lo es la de los gobiernos. Sin embargo, también es importante el sentido

de pertenencia y la capacidad de la población local de aprovechar las oportunidades de desarrollo económico que ofrecen estos proyectos. Finalmente, también lo es la geografía local y regional y la presencia de otros recursos naturales, que ofrezcan otras opciones de diversificación productiva y abran así el abanico de posibilidades de desarrollo sostenible

### **Bibliografía consultada**

ALMAGUER RIVERÓN, C. Transferencia de tecnología e impacto sociocultural: un estudio de caso. Tesis en opción al título académico de máster en Ciencia- Tecnología y Sociedad. Tutores: Dr. C. Clara E. Miranda y Dr. C. Allan Pierra Conde. Cienfuegos, 2002. 82 p.

REFFE, J. Impacto socio ambiental en la comunidad minera de Moa. Moa. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Protección del Medio Ambiente y los Georrecursos. ISMMM. 1998. 80 p.

CERVANTES GUERRA, Y. Caracterización y valorización de instalaciones abandonadas dedicadas a la minería del cromo con fines patrimoniales. Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2003. 59 p.

FERRER, YIEZENIA ROSARIO. Seguimiento en el tiempo de la evaluación de impacto ambiental en proyectos mineros Rev. luna azul; (42):256-269, ene.-jun. 2016. ilus, graf, tab.

MONTERO, Juan M. El desarrollo compensado como alternativa de sustentabilidad en la minería (aprehensión ético – cultural)”. La Habana. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Filosóficas. Facultad de Filosofía. Universidad de la Habana. 2006. 148 p.

PÉREZ SILVA, Rosa María et al. Valoración de impacto ambiental en el Puerto Moa Holguín. Revista Colombiana de Biotecnología, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 129-139, july 2015. ISSN 1909-8758. Disponible en: <<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/54287/54119>>. Fecha de acceso: 26 mar. 2017.

VILLAS-BOAS, R.; Arsenio González y Gildo de A. Sá C. de Albuquerque. Patrimonio geológico y minero en el contexto del cierre de minas. 2003. 169 p.

## **ROL DE LA SOCIEDAD DESDE LA PERSPECTIVA DE SUS IMPACTOS Y MITIGACIONES EN SU CONVIVENCIA CON LOS RRNN**

*Nestor Zaracho, Christian Moreno, Javier González, María Teresa Cantero Aguilar, Romy Ortiz,  
Clyde Salinas, Sandra Vázquez, Néstor Molinas\**

Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Asunción

\*extensiónfca@agr.una.py

Se presenta una serie de 3 casos de proyectos o iniciativas de pobladores locales periurbanos y rurales que tras continuos sistemas de producciones convencionales, de cultivos hortícolas, agrícolas de consumo y renta, y de rubros no agrícolas, como la olería, se pretende compensar o mitigar el impacto, recurriendo a sistemas alternativos más amigables con los recursos naturales.

La intención de disminuir el uso de agroquímicos y la extracción de leña, que cada vez se hace más difícil de conseguirla, llevan a los pobladores a buscar alternativas para seguir con sus producciones de manera más sustentable.

Así se trabajaron propuestas como:

- ***Mejoramiento de la producción mediante la elaboración de abono orgánico y defensivos naturales del Comité Yverá, Nva. Italia.***
- ***Mejoramiento del suelo mediante la producción de abono orgánico en el Comité Virgen de Fátima y San Expedito***
- ***Reforestación con fines energéticos en la Compañía Villa Real, San Bernardino***

### **Objetivos:**

Los objetivos apuntaban a: Aprovechar recursos locales para la producción de abono orgánico y la elaboración de defensivos naturales; y reforestar parcelas para uso agrosilvopastoriles.

### **Metodología:**

Se crearon condiciones para que fluyan ideas propias de los pobladores locales, situación que nunca fue sencilla por la inercia fuerte de la extensión clásica, que es muy transferencista. Se apostaba fuertemente al dialogo y al consenso de las propuestas entre pobladores locales y

agentes de desarrollo. Este proceso facilitaba igualmente la conexión con organismos privados y públicos que aportaron algunos recursos para la implementación de los proyectos.

### Resultados:

Se destacaron resultados como:

- Diferentes defensivos naturales elaborados por el de los beneficiarios.
- Composteras hechas por los beneficiarios.
- Cama semilla de lombrices californianas hecha por los beneficiarios.
- Abono orgánico incorporado al suelo
- Productores oleros capacitados en la producción agroforestal
- Parcelas reforestadas con *Eucalyptus camandulensis*
- Parcelas agrosilvopastoriles implantadas

### Valoración:

- Respeto por el medio ambiente.
- Autogestión por parte de los grupos de beneficiarios.
- Proactividad y dinamismo por parte de los miembros de los diferentes comités con los ensayos empíricos efectuado por los mismos.
- Trabajo en equipo entre productores y agentes de desarrollo.
- Optimización del uso y aprovechamiento de las parcelas con fines productivos.
- Autogestión financiera y operativa por parte de los beneficiarios.





## **SPACE GEODESY INFRASTRUCTURE: A TOOL FOR THE STRENGTHENING OF EARTH SCIENCE RESEARCH APPLICABLE TO THE PEACE PROCESS IN COLOMBIA**

*Héctor Mora-Páez*

Coordinator, Space Geodesy Research Group, GNSS GeoRED Project

hmora@sgc.gov.co

The Colombian Geological Survey, by means of its Working Group of Space Geodesy Research is performing the GNSS GeoRED Project under the Directorate of Geologic Hazards. GeoRED is engaged on the creation and implementation of the National Space Geodesy Network with the principal aim of the study of earth crustal geodynamics. It implies the installing of the country wide infrastructure for geodetic data acquisition that can have a variety of applications in several fields of Earth Sciences (knowledge). The network can have also specific usefulness for aspects of the ongoing peace process, in particular applications related to the generation of detailed cartography to be used for land use, distribution and planning.

The current network of GPS continuously permanent stations is composed by 100 stations that cover the country's territory and include international stations such as the one that is part of the worldwide IGS Network, the only one in the country, that permits data sharing at the international level. Another five (5) stations form part of the COCONet Project (Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network) which was established in response to the devastating Haiti earthquake of 2010. Several colombian government and private institutions have been and are supporting the GeoRed Project in several stages of its development. At present, an advanced effort is made for the installation and operationalization of direct satellite linkage that will permit near-real time data acquisition in several stations.

This new high precision space geodesy network will facilitate the advancement and promotion of research in a diverse range of practical scientific activities such as geodynamics,

particularly the study and monitoring of actual deformation of the earth's crust, the kinematics of active geological fault structures, GNSS seismology and earthquake forecasting, atmospheric studies of dynamic processes in the atmosphere and ionosphere, monitoring of sea level change and concomitant coastal processes as a result of global warming, land subsidence resulting from water withdrawal, agricultural and mining practices or soil compaction, among other phenomena. It will also promote the development of geodetic applications in navigation, precision agriculture, surveying and mapping, etc.

The recently signed peace agreement will make it possible to achieve a two-way process of benefits. On the one hand, there is the use of data provided by GNSS stations as reference for ground control points for the generation of diverse types of cartography in support of the new policies of land use, land occupancy and land ownership in the territories set aside for resettlement. On the other hand, peace settlement will provide better opportunities for field operations to be carried out by professional staff of government institutes such as de Colombian Geological Survey, for the realization of the densification of the national GNSS network as well as field studies in geology, geomorphology and geography that lend support to a more accurate evaluation of geological hazards, better land use and planning.

These are some of the possibilities and challenges for the application of the new technology of space geodesy that will benefit from the peace settlement and that will be of great benefit to the community that will occupy the newly settled areas of Colombia. One of the first real achievements of the GeoRed Project was the presentation in November 2016 of the first National Map of Geodetic Velocities for the study of crustal Dynamics.

**LOCAL PRACTICES OF ENVIRONMENTAL EDUCATION DEVELOPED BY THE  
CENTER FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION IN LAJEADO, RIO GRANDE DO  
SUL, BRAZIL**

*Isa Carla Osterkamp<sup>1,2</sup>, Edith Ester Zago de Mello<sup>1,3</sup>, Marjorie Kauffmann<sup>1</sup>,*

*Luís André Benoit<sup>1</sup> e André Jasper<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Secretaria do Meio Ambiente, Prefeitura Municipal de Lajeado, RS, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Univates, RS, Brasil

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia, UFRGS, RS, Brasil

Environmental education is a guidance process that orients the development of critic awareness about environmental issues and activities that leads to community participation in the preservation of environmental equilibrium. Therefore, the fundamental aspect of environmental education consists on the study object - the environment - considering the physical, chemical and biological characteristics, but mainly on the human subject participating in the process, including the socio-economics, cultural, political, ecological and ethical relations. In that sense, the current work presents the activities develop in Lajeado, Rio Grande do Sul, Brazil, that pursuit to develop awareness for the environmental issues and that arouse the interest for taking action in minimizing the ambiental impacts. The environmental education actions are developed taking in consideration the local reality in Lajeado linked to global reality foreseeing the awareness as a mean for transforming these realities. The responsibility to stimulate environmental education in all levels of education for environmental preservation pertain also to municipal administrative. The Environmental Education Center (CEA) is located in the Secretariat of the Environment and promotes several awareness actions through activities carried out in the Botanical Garden of Lajeado, Parque do Engenho, in schools of the municipal education network and municipal sanitary landfill. The activities carried out at the Botanical Garden of Lajeado are mainly guided ecological trails where various themes are addressed, addressing the importance of the interaction between living beings and a balanced environment. Also in the Botanical Garden are activities related to the scientific collections, where to know about the species existing in the region becomes a tool for the perception of the importance of their conservation. In the Parque do Engenho, environmental interpretation walks are carried out, where in a dialogical way environmental themes of the daily life are approached based on the observations made in the place. Besides these are offered workshops, lectures and visit to the landfill. The activities are

aimed at school students as well as for public and private companies, residents associations and groups. Training courses for educators are also developed addressing relevant topics for the present. The plan of activities for schools is divided by age groups: early childhood education, initial grades of elementary school, final grades of elementary school, high school and practices for technical and higher education. The actions are organized by generating themes and worked in an interdisciplinary way. The methodology used is adapted according to the age of the participants and can be in lecture format, storytelling, workshops, movies, games and drawings. The activities of the CEA occur with prior scheduling and the interested parties choose the activity, date and place for the accomplishment of the same, others are elaborated with specific subjects for inscription of the general public. The CEA also has an environmental library where copies with different themes (eg environmental law, science textbooks, magazine copies, guide to identification of plants, educational videos and documentaries) are available to the community for free loan. The actions carried out by the CEA are periodically evaluated based on the level of satisfaction and suggestions of the participants in relation to the educational proposals, with questions about the methodology used, resources used and attendance of the monitor. Based on this fact sheet, CEA analyzes what can be improved and included in the planning of activities for the coming year. It is expected each year to increase attendance and improve the quality of activities offered by the Center for Environmental Education, over 100,000 people were cared for between 2005 and 2016. Environmental education is essential for the transformation of man-nature relations and to determine how present and future generations can act to enable survival and promote the quality of life of all beings.

## ESTUDIOS PETROLÓGICOS EN SEDIMENTOS PARA DEFINIR EL MODELO GEOTÉRMICO DE GUAYAQUIL

*Tania Espinoza*<sup>(1)</sup>, *Katthy López*<sup>(2)</sup> y *Mauricio Cornejo*<sup>(3)</sup>

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Escuela Superior Politécnica del Litoral<sup>(1)</sup>

*Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, Ecuador*<sup>(2)</sup>

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de La Producción de la Escuela Superior Politécnica del Litoral<sup>(3)</sup>

tespinoz@espol.edu.ec<sup>(1)</sup>, kflopez@espol.edu.ec<sup>(2)</sup>, mcornejo@espol.edu.ec<sup>(3)</sup>

Esta investigación se realiza en el marco del Proyecto ‘Estudio de Uso de Suelo como Sumidero de Calor para reemplazo de Torres de Enfriamiento/Enfriadores Evaporativos.’ entre INER-ESPOL, la cual realiza un análisis de las propiedades geológicas y define zonas idóneas para instalar sistemas de climatización utilizando el suelo como sumidero de calor. Por lo cual, se elabora un modelo geológico-térmico de la ciudad de Guayaquil, a través de los estudios de testigos de perforación y de Test de Respuesta Térmica (TRT). Estos estudios consisten en la obtención de ensayos granulométricos y mineralógicos para identificar la lito-estratigrafía de 10 puntos o zonas en la ciudad de Guayaquil y definir la zona conveniente para instalación de sistemas de intercambio de calor con el suelo. Los TRT permiten recopilar los datos in situ de las propiedades térmicas del suelo y las rocas, que han sido caracterizadas geológicamente. Con el grupo de datos geológicos y térmicos se elaboran mapas que contienen la geología de la zona y las diferentes propiedades térmicas (conductividad, difusividad y resistividad) de Guayaquil. Estos mapas nos permitieron reconocer zonas térmicas idóneas para el uso del sistema de sumidero de calor.

**Palabras Claves:** Propiedades térmicas, Fm. Cayo, depósitos deltaicos, depósitos estuarinos.

### Abstract

This research is conducted under the project 'Study of Land Use like Heat Sink Replacement of Cooling Towers / Coolers Evaporative.' Between INER-ESPOL, which performs an analysis of the geological properties and defines suitable areas to install HVAC systems using the ground as a heat sink. Therefore, a geological-thermal model of Guayaquil city is developed, through studies of drill core and Thermal Response Test (TRT). These studies consist in obtaining granulometric and mineralogical tests to identify the litho-stratigraphy of 10 points or areas in the city of Guayaquil and define the area convenient for installation of heat exchange with the ground. The TRT allow you to collect data in situ thermal properties of soil and rocks, which

have been characterized geologically. With the group of geological and thermal data maps containing the geology of the area and the different thermal properties (conductivity, diffusivity and resistivity) of Guayaquil are made. These maps allowed us to recognize areas suitable for use thermal system heat sink.

**Keywords:** thermal properties, profiles, Fm Cayo, deltaic deposits, estuarine deposits.



## *2. GEOSCIENCES AND ENVIRONMENT*

## CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS

*Ignacio Navarro de León*

Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León

inavarro\_23@yahoo.com

Se presentan los resultados de la caracterización geológica, hidrogeológica y geoquímica en un sitio de 55 Has. donde se ubicaba la Refinería 18 de Marzo en la Cd. de México. Esta instalación, considerada de importancia estratégica nacional, estaba dedicada a la refinación, almacenamiento y distribución de hidrocarburos y operó desde 1933 hasta el año de 1991. Como consecuencia de las actividades de operación, se generó un pasivo ambiental originado por fugas y derrames de hidrocarburos así como la generación de residuos industriales derivados de prácticas operacionales inadecuadas. Con el fin de establecer el grado de impacto ambiental al suelo y al agua subterránea somera que provocaron los contaminantes, se procedió a la aplicación de metodologías directas e indirectas que incluyeron trabajos topográficos de alta precisión, prospección gasométrica de compuestos orgánicos volátiles (COV's), determinación de infraestructura sepultada y geometría de las unidades geológicas por métodos electromagnéticos y tomográficos eléctrico-resistivos; muestreo de suelo a diversas profundidades utilizando barrenación por empuje directo y barrenación helicoidal hueca; descripción lito-estratigráfica de núcleos de perforación; muestreo de agua subterránea mediante la instalación de multipiezómetros anidados, así como la determinación de parámetros hidráulicos y de transporte de contaminantes mediante pruebas hidráulicas y de trazadores, respectivamente. Los resultados confirmaron la existencia de un sistema hidrogeológico somero "colgado", independiente del acuífero regional, cuyo basamento es un estrato arcilloso, que se extiende en toda el área de estudio. La alternancia de estratos arcillosos, limo arenosos y areno limosos dieron como resultado un sistema hidrogeológico de baja a muy baja conductividad hidráulica, por lo que se consideró que el estrato arcilloso actúa como una barrera impermeable. El análisis del suelo confirmó que los principales contaminantes en fase adsorbida son hidrocarburos fracción ligera (HFL), hidrocarburos fracción media (HFM), hidrocarburos fracción pesada (HFP) y benceno, con porcentajes de valores superiores a los límites máximos permisibles (LMP) de la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 (52, 32, 18 y 3 %, respectivamente). El resto de los hidrocarburos

monoaromáticos (tolueno, etilbenceno y xileno) no sobrepasan los LMP. Se confirmó también que los hidrocarburos aromáticos policíclicos presentan concentraciones por debajo de los LMP.

La distribución estadística de los contaminantes a profundidad demostró que la mayor concentración se localiza a profundidades entre 2.4 y 6.0 m, dentro de la capa de arcillas limosas con intercalaciones de limos y arenas. El estudio de caracterización permitió determinar la distribución y concentraciones de los contaminantes por métodos geoestadísticos, así como los mecanismos que intervienen en su migración a través del subsuelo (modelación de flujo de agua subterránea y transporte de contaminantes), además de establecer los niveles de limpieza requeridos para la remediación ambiental con base en un estudio de riesgo a la salud y al medio ambiente. Los trabajos de caracterización y remediación de este sitio dieron lugar finalmente a la transformación de este predio industrial en un parque ecológico (Parque Bicentenario).

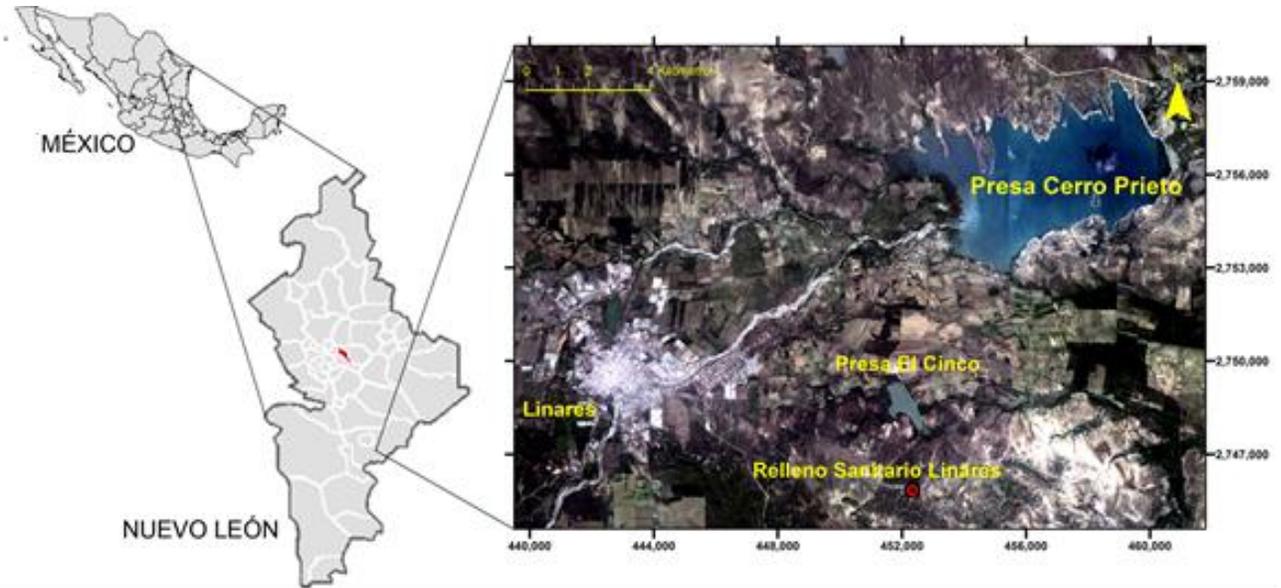
## CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL GENERADA POR EL RELLENO SANITARIO MUNICIPAL (RSM) DE LINARES, MÉXICO

*Héctor de León-Gómez<sup>1\*</sup>, Carlos R. Cruz Vega<sup>2</sup>, René Alberto Dávila Pórcel<sup>1</sup>, Fernando Velasco  
Tapia<sup>2</sup>, José R. Chapa Guerrero<sup>2</sup>*

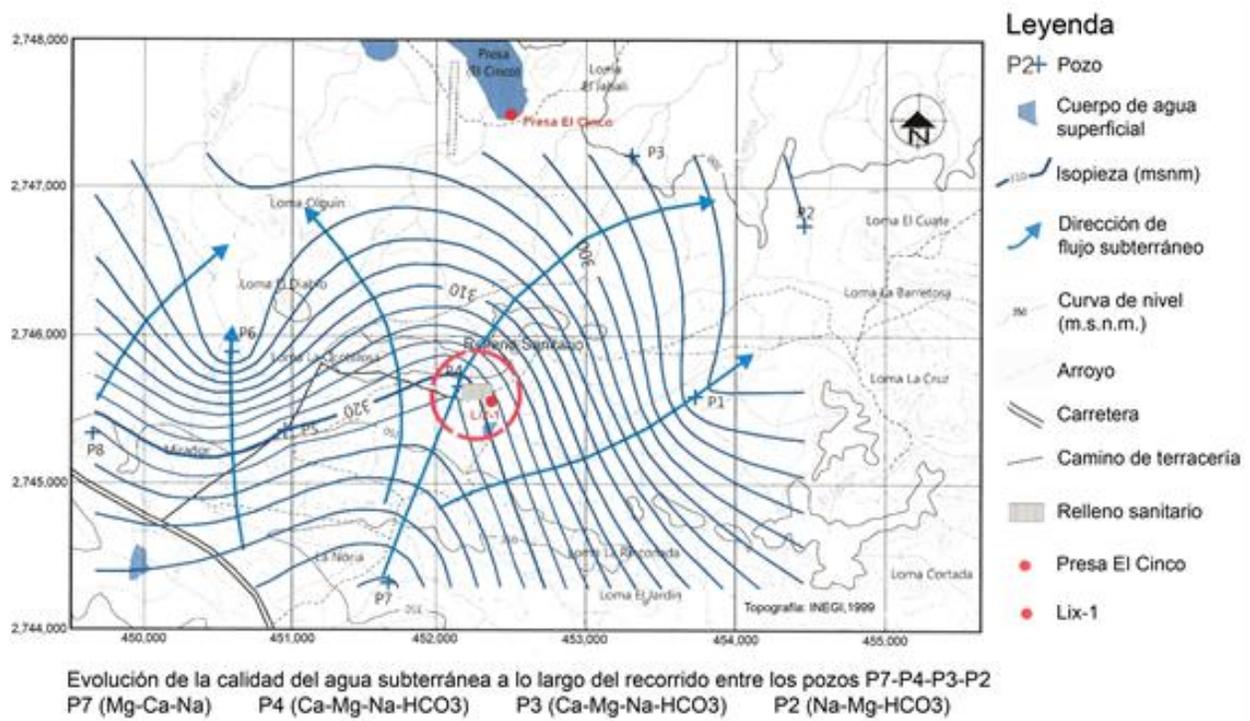
<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ave. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455, San Nicolás de los Garza, N.L. México. <sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, Carretera a Cerro Prieto km. 8, Ex-Hacienda de Guadalupe, C.P. 67700, Linares, N.L. México.

\*hector.deleongm@uanl.edu.mx

La presente investigación trata sobre la calidad de las aguas subterráneas y superficiales impactadas por la contaminación de los lixiviados originados en el Relleno Sanitario Municipal (RSM) de la ciudad de Linares, Un\*7evo León., en el NE de México (Fig. 1). El RSM cuenta con más de 17 años de servicio y recibe más de 50 ton/día de desechos sólidos urbanos. Se aplicó métodos geológicos (perfiles geológico-estructurales), hidrogeológicos (cartas piezométricas) e hidrogeoquímicos (clasificación de calidad de agua y determinación de contaminantes) para identificar agentes externos contaminantes al medio natural. Se identificó el impacto negativo en la calidad del agua superficial (presa El Cinco) y del agua subterránea (pozos de agua) de acuerdo a normas ambientales nacionales e internacionales (NOM, WHO, US EPA). Los resultados revelan deficiencias en el manejo y deposición final de los residuos sólidos municipales (geomembrana desgarrada) y nula gestión de lixiviados (sobresaturación del RSM). En particular, se han identificado altas concentraciones de NO<sub>3</sub>, Pb, Mn y Fe en el agua subterránea, con direcciones de sus flujos subterráneos S-N y SW-NE (Fig. 2) y en escurrimientos superficiales que generan una importante contaminación del suelo y del agua; aspecto muy relevante si las personas de la región consumen agua contaminada procedente de pozos que puede ocasionar efectos nocivos en su salud.



**Fig. 1:** Localización del área de estudio y ubicación del Relleno Sanitario Municipal (RSM) de Linares, N.L.



**Fig. 2:** Carta piezométrica del área del Relleno Sanitario Municipal (RSM) y su evolución en la química del agua subterránea en los pozos P7-P4-P3-P2.

**MODELING OF SEDIMENT AND ASSOCIATED HEAVY METAL TRANSPORT  
FROM INDUSTRY CONTAMINATED RIVER MARGINS. EXAMPLE FROM THE  
SÃO FRANCISCO RIVER, NEAR TRÊS MARIAS, BRAZIL**

*Chmiel, O.<sup>1</sup>, Kuhlmann, A.<sup>1</sup>; Horn, A.H.<sup>2</sup>; Rutschmann, P.<sup>1</sup>; Bui, M.D.<sup>1</sup>; Trindade, W.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Technische Universität München; München, <sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais; Belo Horizonte, <sup>3</sup> Instituto Federal do Norte de Minas Gerais; Pirapora, E-mail: [hahorn@ufmg.br](mailto:hahorn@ufmg.br)

**Introduction:**

In this work, environmental issues of the São Francisco River near of Três Marias City in Minas Gerais State, Brazil, were investigated. From the scientific point of view, the São Francisco River in the region of Três Marias represents an almost unexplored river system. With the exception of chemical investigations of the water and the sediment, no extensive hydraulic studies were conducted. Existent chemical measurements, executed from 1990 until 2016 revealed increased concentrations of certain heavy metals (Potentially toxic elements - PTE) in the river sediment especially down streams of Três Marias and its industrial area. Local metal processing industry assumed to have introduced to the river during a long period chemical compounds, directly by process waste and residuals or by old waste disposals located close to the river.

The aim here is to set up a 2D numerical hydrodynamic model of the part of São Francisco River with the modeling suite Telemac. In order to assess the distribution of pollutants in the river, the generated hydraulic model was extended to simulate erosion, sedimentation and tracer transport processes, too and to compare with the real situation.

**Methodology:**

During a visitation of the São Francisco River in Três Marias, measurements of the riverbed topography were conducted and samples were collected. For this fieldwork, a GPS-coupled echo sounder system was installed on a fisher boat to record transverse profiles of the riverbed (figure 1).



*Fig.1: This figure show the profiles used for simulation of the sediment and contaminant transport at the Rio São Francisco downstream of Três Marias.*

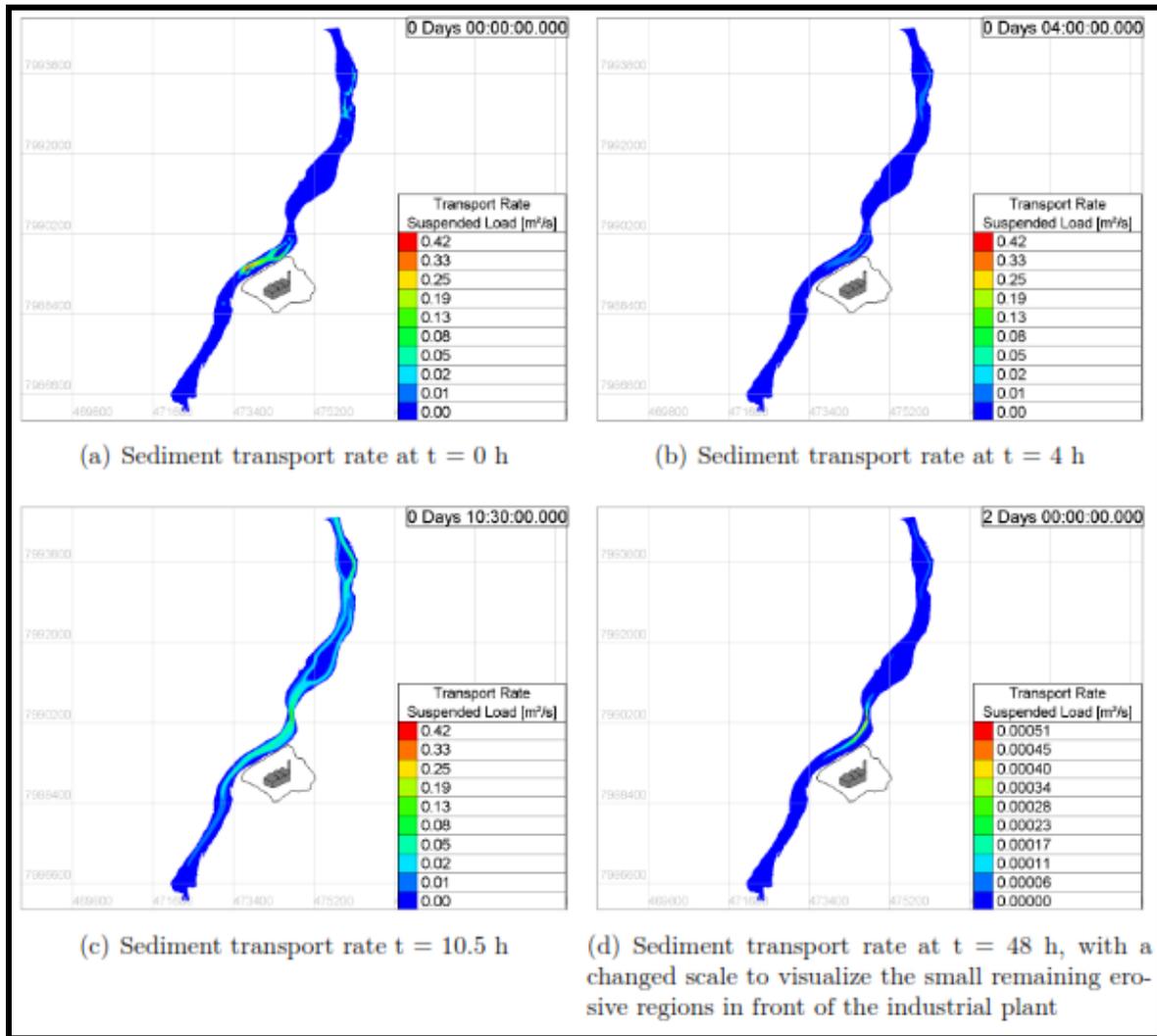
Based on these measurements and information from satellite images, the riverbed geometry could be constructed and the numerical mesh was generated. The necessary input data and boundary conditions for the numerical model were provided by measurements, existent gauging stations or had to be estimated. Hydraulic steady state simulations were performed and deviations from the measured water depths were analyzed. Following, the hydraulic steady state conditions were used as the initial conditions for sediment transport simulations.

Therefore, Telemac2d was coupled with the module Sisyphe, which allows the computation of bed load and suspended load transport processes. Furthermore, multiple tracers were introduced to the model by different ways and their distributions in the river were described by diffusion and advection processes.

### **Results:**

The results of the simulations give a qualitative overview of erosion and sedimentation zones in the river (figure 2) and contaminant transport paths could be identified. The calculated data were compared with real analyses of sediments from the investigated part of the river to obtain correlation between simulation and reality. Afterwards corrections was done by using the program to approximate the simulation to reality (figure 3). The obtained results, simulation and

real data, can be used as a basis for further investigations and projections about the impacts of heavy metal pollution on the ecosystem of this part of the São Francisco River system.



**Fig 2:** Evolution of sediment transport rate from 0 to 48hours, to be used at the simulation of metal transport.

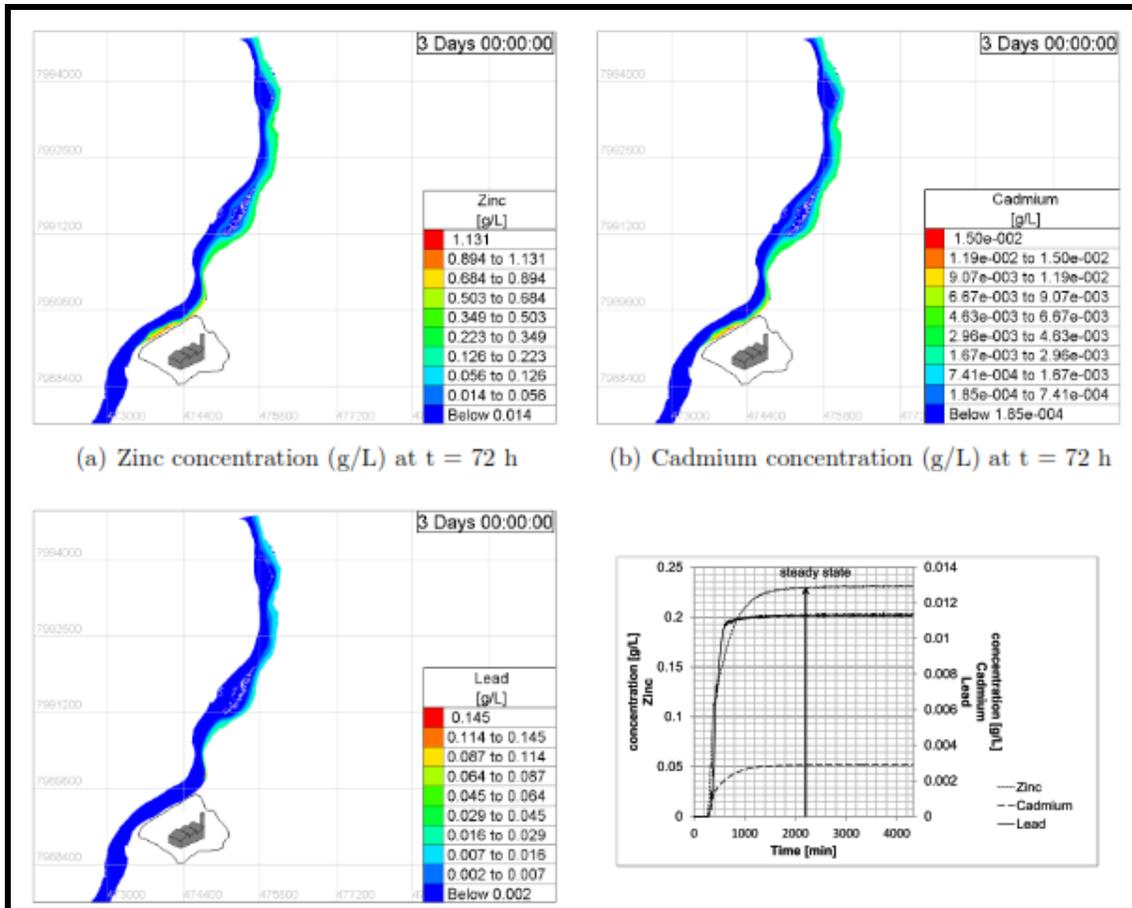


Fig 3: Situation of heavy metals (Zn, Pb, Cd) distribution after a simulation of three days.

**Key words:** Computer simulation; Environmental Problems; Sediment transport; Heavy Metals

## METODOLOGIA APLICADAS AO ESTUDO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA DE ORIGEM INDUSTRIAL NO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL

*Elizêne Veloso Ribeiro<sup>1</sup>, Adolf Heinrich Horn<sup>2</sup>, Vilma Lúcia Macagnan Carvalho<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>IGC/UFMG - IFMG/Campus Ouro Preto, elizene.ribeiro@ifmg.edu.br, <sup>2</sup>IGC/UFMG, hahorn@gmail.com <sup>3</sup> -

IGC/UFMG vilmageografia97@gmail.com

O Ar está entre os elementos essenciais a vida no planeta e na atualidade tem sido tema dos estudos ambientais devido ao intenso processo de degradação por diversos compostos.

O desenvolvimento urbano e industrial tem gerado um aumento contínuo na emissão de poluentes atmosféricos, dentre os quais se destaca o material particulado. A presença desses poluentes na atmosfera assim como sua deposição na superfície pode ser responsável por diversos tipos de impactos negativos em nível local, regional e global.

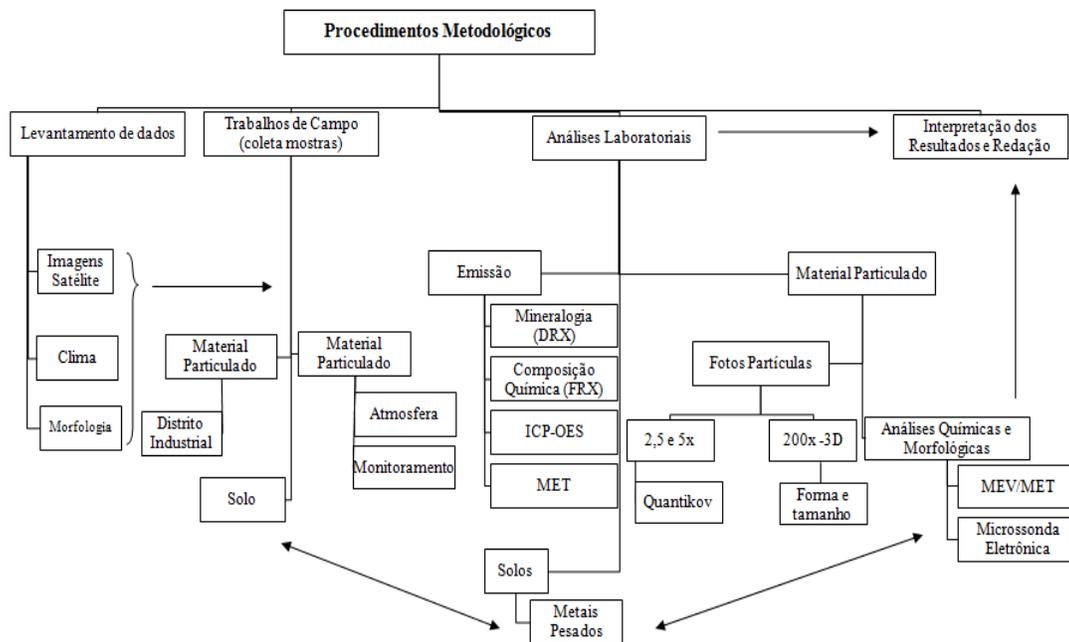
A pluma formada pelas emissões atmosféricas das indústrias metalúrgicas em Pirapora, Minas Gerais tem chamado atenção para os possíveis problemas associados à poluição atmosférica na região.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta as técnicas utilizadas para analisar a poluição atmosférica por material particulado causada pelas indústrias de beneficiamento de Silício e Ferro-Silício em Pirapora.

Os procedimentos metodológicos incluíram: caracterização e estudo da distribuição espacial da pluma de particulados a partir da análise de dados de clima, geomorfologia e imagens de satélite; monitoramento das partículas atmosféricas em estações de amostragem nos municípios de Pirapora e Buritizeiro; análises laboratoriais para caracterização granulométrica, mineralógica (DFX), química (FRX, ICP-OES, TOF-SIMS) e morfológica (MET, MEV, EPMA) do material particulado emitido e das partículas atmosféricas; e avaliação das concentrações de metais pesados em amostras de solo (ICP-OES).

Quanto a circulação da pluma, predominam ventos de NE (31,70%) que condicionam uma maior frequência de movimentação da pluma para SW (39,9%). A direção geral preferencialmente para oeste, em mais de 80% das imagens de satélites analisadas, coloca os espaços urbanos na área de maior deposição das partículas.

O material particulado emitido caracteriza-se por sílica amorfa (95,52%) com partículas de tamanho entre 0,18 e 123µm, dos quais 30% correspondem à fração inalável (<10 µm).



**Fig. 1** - Fluxograma mostrando etapas e procedimentos aplicados no estudo da poluição atmosférica na área de estudo. Imagens das películas adesivas utilizadas na coletas de amostras.

A composição química das partículas inclui magnetita ( $\text{FeO}_4$ ), carbono e os metais Zn, Cu, Pb, Cr e Ni. As partículas atmosféricas de origem industrial possuem morfologia esférica típica, compostas principalmente por Si, Fe, Ba e Cr. Nos solos, as concentrações de Fe (49360 ppm) e Cr (60,1ppm) apresentaram-se significativamente maiores na área mais próxima do distrito industrial indicando a influência do material particulado neste compartimento receptor.

A presença do Cr no solo e nas partículas esféricas, inclusive respiráveis, alerta para aos possíveis efeitos crônicos na saúde da população. Espera-se que as informações sobre a poluição atmosférica apresentadas neste trabalho possam contribuir para a gestão da qualidade ambiental

na área de estudo a começar com um sistema de controle e fiscalização da emissão de material particulado que inclua a participação da população.

A metodologia de estudo aplicada apresentou resultados importantes no que se refere ao procedimento de coleta, por amostradores passivos de baixo custo em maior número de pontos, assim como das técnicas de caracterização química do material.

## EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE TREATMENT OF LEACHATE FROM THE INGA LANDFILL IN QUITO

*Rodny Peñafiel<sup>2\*</sup>, Laura Rivadeneira<sup>1</sup>, Valeria Ochoa-Herrera<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Colegio de Ciencias e Ingeniería, Diego de Robles y Vía Interoceánica, Campus Cumbayá, Casilla Postal 17-1200-841, Quito, Ecuador. <sup>2</sup>Universidad Técnica de Ambato (UTA), Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Av. Colombia y Chile - Ambato, Ecuador.  
\*rd.penafiel@uta.edu.ec

The present study analyzes the operation of the leachate treatment at the Inga Landfill in Quito - Ecuador. The treatment consists in the use of anaerobic and aerated ponds, leachate evaporation by spraying, a constructed wetland and a reverse osmosis unit. The effluents of the different purification processes were characterized and their removal efficiency were determined in terms of COD, BOD<sub>5</sub> and nutrient content. The overall removal percentages were: COD 99.6%, BOD<sub>5</sub> 97.9%, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 100%, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 88% and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 98.2%. In addition, the anaerobic treatment of the raw leachate was studied in laboratory anaerobic columns using an inoculum obtained from a landfill anaerobic pond. The specific methanogenic activity of this inoculum was 0.43 g COD-CH<sub>4</sub> gVSS<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. The percentage of COD removal reached in the anaerobic columns was of 84% and the generation of methane in the columns was 0.26 L d<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Landfill, El Inga, leachate, methanogenic activity, methane, anaerobic columns, digesters, anaerobic digestion.



### *3. SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES*

## GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS EN MÉXICO

*René Alberto Dávila Pórcel, Gabriela Consuelo Covarrubias Pérez*

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Pedro de Alba S/N, Ciudad

Universitaria, CP 66455, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

rene.alberto.davila@gmail.com

El desarrollo de la industria y la sobrepoblación hacen que en nuestros días sea alarmante la afectación de los recursos hídricos alrededor del mundo. El cambio climático está cambiando el comportamiento de los patrones hidrológicos lo cual genera que las actividades antropogénicas, agrícolas e industriales varíen considerablemente y afecten en forma negativa la disponibilidad de agua en todo el mundo. Ante este escenario en constante cambio, la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) nace como una importante herramienta para optimizar el complejo proceso de aprovechamiento, uso y disposición que sufre el agua para satisfacer las necesidades de los seres humanos.

En México la implementación de las GIRH tiene por objeto resolver problemas de sequía, inundaciones, sobreexplotación de acuíferos, severos problemas de daños a los ecosistemas y degradación de suelo y agua. Las GIRH hacen frente al cambio climático porque permiten planear, diseñar, y administrar la infraestructura hídrica con el objetivo de optimizar la inversión y promover el desarrollo social y económico de las comunidades. Los retos hídricos que enfrenta México son atendidos por medio de políticas y programas nacionales socializados a la población por medio del Programa Nacional Hídrico 2014-2018 y por la Agenda 2030, donde se plasman acciones concretas y metas propuestas para adaptarse al cambio climático y permitir el desarrollo de la sociedad mexicana. Existen pocos casos de éxito de la implementación de las GIRH en México destacándose los casos de la Cuenca Lerma-Chapala y la Cuenca del Río Bravo desde el punto de vista de administración de cuenca hidrológica. El caso de la Red de Agua de la UNAM es otro caso de éxito de la implementación de una GIRH centrandose su aplicación en el uso sostenible del agua y que fue reconocido por la UNESCO. Entre los principales desafíos a futuro se encuentra el cambio de mentalidad con relación al agua para comprender que es un recurso finito y vital para la vida de los actuales y futuros humanos. Es muy importante incluir la participación de las universidades, centros de investigación y organizaciones sociales de forma preponderante en la implementación de políticas hídricas en el país para garantizar el uso futuro del agua, reducir los problemas de contaminación y el desperdicio de agua.

## **NUEVAS ALTERNATIVAS DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LA CIUDAD DE MONTERREY IMPLEMENTANDO OBRAS HIDRÁULICAS CON DESCARGAS POR GRAVEDAD**

*Juan Antonio Valero Almaguer*

Instituto de Ingeniería Civil, Departamento de Geohidrología. FIC. UANL

valero.juanantonio@gmail.com

Con la cancelación del proyecto Monterrey IV y tomando en cuenta las necesidades de un centro urbano cada vez más poblado, nuestras miradas se vuelven a nuestros escenarios naturales de la Sierra Madre Oriental. En la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento, las estructuras montañosas son en principio, áreas de recarga para los acuíferos. Las formaciones Cuesta del Cura, Aurora y Cupido, son las principales involucradas en este estudio hidrogeológico y geofísico. Uno de los factores relevantes en el estudio del agua subterránea en montaña, es además de la precipitación, la capacidad de infiltración de la roca, siendo identificados los sitios potenciales de infiltración, y la estrecha relación que existe con el patrón de fracturas existente. Ambos componentes, junto con el control estructural geológico y las características litológicas tanto físicas como químicas, de la formación, contribuyen en el almacenamiento subterráneo del agua. Esto se vio corroborado con el perfil de tomografía eléctrica, dando como conclusión el alto potencial de almacenamientos de agua, bajo los núcleos de infiltración, en las rocas de caliza. De acuerdo a esto, la zona de estudio cumple con las expectativas de almacenamiento y abastecimiento de agua para la ciudad de Monterrey. Esta caracterización hidrogeológica, como el principal objetivo, llega a su conclusión con la propuesta de ubicación de la obra hidráulica de extracción, siendo esta del tipo el de galería filtrante, obra de muy baja exigencia energética y conducción por gravedad hacia el sistema de distribución.

### **Equipo participante:**

MI Javier E. Bermúdez Cerda, MI Catherine A. Peñaloza Méndez, Ing. Carlos E. Salazar Sánchez, MC Raúl Guzmán Sagreiro, Ing. Juan D. Marín Solís, Ing. Eulalio Rodríguez Vázquez.

**ANÁLISE GEOQUÍMICA DA ÁGUA SUPERFICIAL DO RIO JEQUITINHONHA NA  
LOCALIDADE: GARIMPO AREINHA DIAMANTINA-MG/BRAZIL**

<sup>1</sup>Baggio,H., <sup>2</sup>Freitas,M.O., <sup>3</sup> Araujo A.D., <sup>4</sup>Heinrich, Horn., <sup>5</sup>Pereira,W.D.

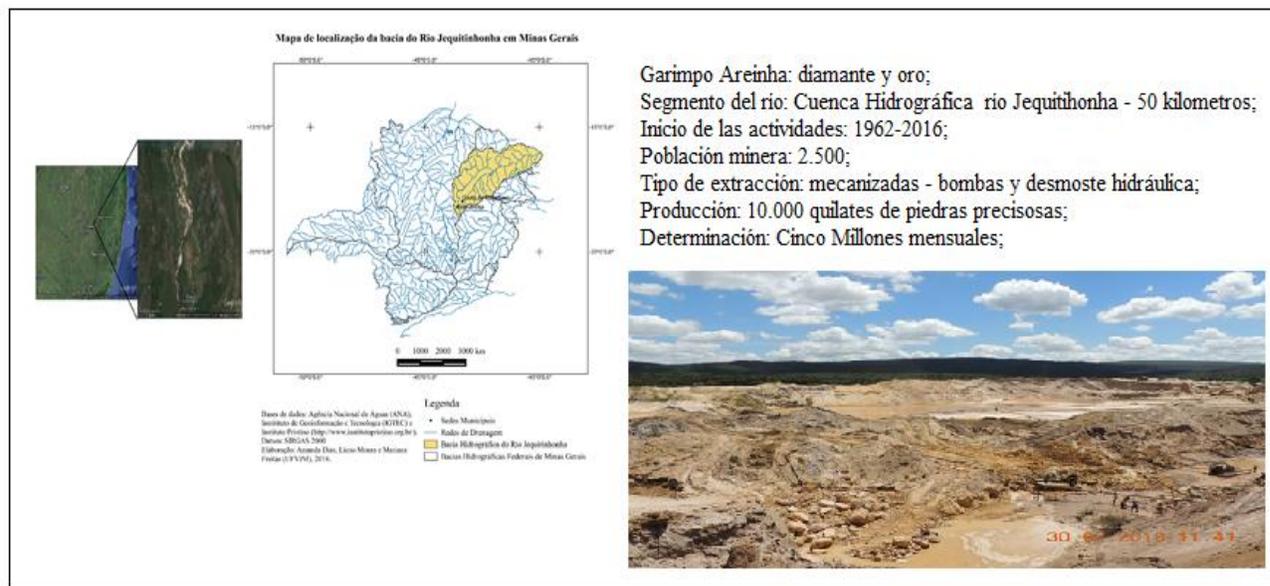
<sup>1,2,3,5</sup>.Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM

<sup>4</sup>Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG

hbaggio@ufvjm.edu.br

**INTRODUÇÃO:** A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha encontra-se inserida no nordeste do Estado de Minas Gerais, abrangendo parte do setor sudeste do estado da Bahia. Está compreendida entre os paralelos 16° e 18°S e os meridianos 39° e 44°W, totalizando uma área de 70.315 km<sup>2</sup>. Desta área, 66.319 km<sup>2</sup> situam-se em Minas Gerais, enquanto 3.996 km<sup>2</sup> pertencem à Bahia. A nascente do rio Jequitinhonha localiza-se no município de Serro, e possui uma extensão de 1.090 km. Sua bacia (parte mineira) abriga uma população em torno de 783.370 de habitantes, distribuída ao longo dos seus 55 municípios. Suas águas drenam áreas urbanizadas, latifúndios com forte tendência agropecuária e inúmeros garimpos, influenciando diretamente nas características físico-químicas e sanitárias dos recursos hídricos. O Garimpo Areinha possui uma extensão de aproximadamente 9 km no segmento fluvial do rio Jequitinhonha e encontra-se referenciada pelas coordenadas geográficas 17°55'00''S e 43°31'08''W. Partindo-se de Diamantina, o acesso se dá pela BR-367 por 60 km até o entroncamento para o povoado São Tomé, desde ponto percorre-se uma estrada vicinal por 10 km até a área de lavra.

## LOCALIZAÇÃO:



*Fig. 1: Mapa de localização da área da pesquisa e dados socioeconômicos. Fonte: Baggio, 2016.*

**OBJETIVO:** Avaliar, a situação ambiental em que se encontra a água superficial do rio Jequitinhonha, no trecho denominado Garimpo Areinha. Foram analisados alguns parâmetros físico-químicos de qualidade da água, in situ, tais como: temperatura, potencial hidrogeniônico, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, cor e total de sólidos dissolvidos. Como referências todos os parâmetros e elementos serão comparados com as legislações vigentes.

**PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS:** Gabinete - Tratamento dos dados analíticos, geração e confecção de mapas; Campo e Laboratório: a amostragem para água foi realizada no período da estação chuvosa, totalizando em 13 pontos, seguintes parâmetros: T<sup>a</sup>C, pH, turbidez, CE, OD, Cor e STD -equipamento sonda multiparâmetro- HI 98190, compostos químicos - N<sub>3</sub>,N<sub>2</sub>, P, surfactantes (LAS) – equipamento fotômetro multiparâmetro HI 83206, metais pesados Cu, Fe, Mn, Ni, Mn – Espectrômetro e Emissão Atômica ICP-AES, equipamentos pertencentes ao LGA/UFVJM. Os resultados obtidos foram avaliados e interpretados de modo a conduzir ao entendimento do comportamento dos parâmetros físico-químicos na água superficial, com os demais dados do meio físico e socioeconômico. Os resultados foram referenciados junto a CONAMA 357/05.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores de Turbidez encontram-se alterados >100 UNT em seis dos treze pontos; Cor, o valor de referência estabelecido é de até 75 mg Pt/L, sendo assim, somente o Ponto 9 está de acordo com o recomendado; pH, os treze pontos estão de acordo com a resolução entre 6,0 a 9,0; Condutividade elétrica, o ponto 1  $160^{\mu\text{S}}$ /cm está alterado; O Oxigênio Dissolvido no trecho analisado apresenta quatro pontos com indicadores superiores à legislação, onde o valor apropriado deve ser superior a 4,5 mg/L; a Temperatura em todos os pontos esta dentro do estabelecido com valores inferiores a 40°C; Os Sólidos Totais Dissolvidos estão dentro do limite estabelecido que define concentrações acima de 500 mg/L como ambiente impactados; Compostos químicos:  $\text{N}_3, \text{N}_2, \text{P}$ , LAS - desacordo legislação; Cu, Fe, Mn, Ni, Mn em desacordo com a legislação CONAMA 344/05.

**CONSIDERAÇÃO FINAIS:** Os resultados mostram que, o ambiente fluvial segmento do rio Jequitinhonha na região do Garimpo Areinha encontra-se impactado negativamente, alguns dos parâmetros físico-químicos analisados encontra-se em desacordo com o estabelecido pela Resolução Federal CONAMA 357/05 e CONAMA 344/05. Os tipos de interferências antropogênicas, em especial, a agricultura comercial, atividades garimpeiras e urbanas contribuíram de forma marcante para a degradação da qualidade da água.

Os recursos hídricos e os ambientes aquáticos são os mais afetados.



**Fig. 2:** Visada (L -W) mostrando o desnível topográfico entre a superfície e o fundo da cava. Fonte: Baggio, 2016.



**Fig. 3:** Taludes gerados para abertura da cava de garimpo, apresentando instabilidades e risco de desabamento. Foto: Baggio, 2016.



**Fig. 4:** Utilização de bombas dentro das cavas para o desmonte hidráulico do talude. Fonte: Baggio, 2016.

## **EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

*Celso Nazario Velázquez Ibarrola*

Universidad Nacional de Itapúa, Escuela de Posgrado. Doctorado en Gestión Ambiental

vcelso10@gmail.com

Conocer los efectos del cambio climático en los diferentes procesos que constituyen la fase subterránea en el ciclo hidrológico es un gran desafío. Comprender el fenómeno del efecto del cambio climático en las aguas subterráneas y, como, estas interactúan en los sistemas acuáticos naturales en la zona de influencia eco sistémica, es esencial en este estudio.

Este trabajo se concentra exclusivamente en la recopilación de información en forma documental. Los nuevos escenarios que se vaticinan a causa de los cambios climáticos (aumentos de la temperatura, cambio temporal y espacial de las precipitaciones), traería como consecuencia una serie de modificaciones en el proceso arriba mencionado. Se prevé distintas formas de modificación en la interrelación con cuerpos de humedales u otros ecosistemas similares. El aumento del estrés hídrico como consecuencia de los efectos del cambio climático se traducirá en un descenso generalizado del nivel freático de las aguas subterráneas y conlleva una disminución de la disponibilidad del agua tanto en cantidad como en calidad.

*Palabras clave:* aguas subterráneas, cambio climático, efectos.

Knowing the effects of climate change on the different processes that constitute the underground phase in the hydrological cycle is a great challenge. Understanding the phenomenon of the effect of climate change on groundwater and, as these interact in natural aquatic systems in the area of eco systemic influence, is essential in this study.

This work, concentrates exclusively on the collection of information in documentary form. The new scenarios predicted by climate changes (temperature increases, temporal and spatial changes in precipitation), would result in a series of modifications in the process mentioned above. Different forms of modification are envisaged in the interrelation with bodies of wetlands or other similar ecosystems. The increase in water stress as a result of the effects of climate change will result in a general decline in the groundwater table and lead to a decrease in water availability in both quantity and quality.

*Keywords:* Groundwater, climate change, effects

## MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

### “COSECHA DE AGUA DE LLUVIA”

*María del Carmen Alvarez Enciso*  
Investigación para el Desarrollo, Paraguay  
maria.alvarezenciso@gmail.com

#### OBJETIVOS

Distinguir entre las medidas de mitigación y las medidas de adaptación. Presentar las medidas de adaptación al Cambio Climático (CC) del sector hídrico en el chaco paraguayo.

#### INTRODUCCIÓN

Existen dos grandes formas de enfrentar el CC: las medidas de mitigación y las medidas de adaptación.

Las principales medidas de mitigación consisten en la disminución de los gases efecto invernadero y el uso más eficiente de la energía, seguidas por las medidas de mercado, normativas, institucionales y de información. Para ello se requiere un compromiso auténtico de los países, principalmente de los grandes emisores.

La adaptación busca reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y antropogénicos a los efectos reales y esperados de la variabilidad y el cambio climático; incluyendo las medidas para beneficiarse de los efectos positivos esperados.

Entre las principales medidas de adaptación al cambio climático se encuentran aquellas relacionadas a los recursos hídricos, debido a que el agua es la principal forma en la cual se manifiesta el cambio climático, tanto por las sequías como por las inundaciones. Entre ellas se destacan la recolección o cosecha de agua de lluvia, los métodos de almacenamiento y tratamiento, el manejo eficiente, la reutilización y la gestión integrada de los recursos hídricos, se suman medidas relacionadas con la infraestructura: protección contra las inundaciones y sistemas adecuados de abastecimiento de agua; además una adecuada reglamentación de las zonas de riesgo y cumplimiento, entre las principales.

Otras medidas de adaptación en otros sectores están relacionadas con las buenas prácticas en los sistemas agropecuarios, como por ejemplo, mejorar la gestión de la tierra, control de

erosión, reforestación, sistemas silvopastoriles; en cuanto a infraestructura, además de las antes mencionadas, se encuentran las rutas, construcciones seguras y sustentables, entre otras.

Existe una gran necesidad de información y vacío de la misma, por lo tanto, se consideran parte de las medidas de adaptación mejorar las redes de medición y los sistemas de alerta, los cuales permiten minimizar los impactos esperados; esto incluye además el monitoreo o seguimiento, tanto de las condiciones meteorológicas, como de la implementación de las medidas, las reglamentaciones y normativas que permitan llevar a cabo las acciones propuestas.

## **MEDIDAS DE RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA**

Entre las principales medidas de adaptación al CC del sector hídrico en el chaco paraguayo son la cosecha y almacenamiento de agua de lluvia.

Un método tradicional es la colecta doméstica, por medio de captación de agua los techos de las casas, conducción a través de canaletas y almacenamiento en aljibes.

Otro método de colecta es a través de superficies de tierra que son despojadas de vegetación, con suelos arcillosos y se forman canaletas denominadas camellones, que llevan el agua a un reservorio denominado tajamar. Con la tierra excavada se construye un tanque australiano, que permite llevar agua por gravedad y son llenados generalmente con molinos de viento. Esta práctica se utiliza para la recolección y almacenamiento para la ganadería, industria y otros fines, como escuelas y hospitales.

Otro método menos conocidos, es la recarga artificial de los acuíferos dulces, por medio de la infiltración en suelos arenosos.

Como la napa freática es elevada y generalmente salina, se construyen reservorios o tajamares pulmón, donde se almacena temporalmente el agua, para elevarla a un tajamar elevado construido por medio de terraplenes, con la tierra de la excavación del tajamar pulmón.

Un aspecto que se destaca en el chaco central paraguayo es la cultura del agua, por la escasez de la misma, los habitantes ya tienen el hábito de cuidarla y no la desperdician, así utilizan distintas formas de reutilización y métodos para evitar el desperdicio.

## **CONCLUSIONES**

La adaptación, como tal, es una práctica ancestral, que debe ser intensificada debido al incremento de la variabilidad y el cambio climático, así como al crecimiento poblacional y

económico, al cual a su vez aumenta el consumo de productos que utilizan gran cantidad de recursos naturales renovables y no renovables.

Las medidas de mitigación y adaptación están estrechamente relacionadas con la sustentabilidad, entendida ésta como: el desarrollo social, económico y ambiental.

Como se observa las medidas son sinérgicas y se relacionan entre sí, al disminuir la vulnerabilidad tanto antrópica como natural, se disminuye el impacto de los eventos extremos, la variabilidad y el cambio climático.

## REFERENCIAS

Harder, W; Thiessen, H; Klassen, N. 2004. Soluciones de agua para el Chaco: colecta, almacenamiento, utilización y reciclaje de agua en el chaco central. Disponible en <http://cegae.unne.edu.ar/gtz/experiencias/paraguay/LibretoAgua.pdf>

GIZ, “Adaptación al cambio climático para el desarrollo rural sostenible”. Adaptación y Mitigación. Disponible en <http://www.riesgoycambioclimatico.org/adapymitigacion.html>

COOPI Cooperazione Internazionale y Ayuda Humanitaria y Protección Civil. “Comer del Monte – Cosecha de agua en tiempo de lluvia”. 2011. Disponible en <http://www.desaprender.org/fileSendAction/fcType/5/fcOid/447440695142977781/fodoid/447440695142977780/Cosechar%20agua%20en%20tiempos%20de%20sequ%C3%ADa.pdf>

## PROYECTO TOMANDO CON-CIENCIA AL AGUA: ALGUNAS EXPERIENCIAS POR COMPARTIR

Carmen Rojas

Organización de los Estados Americanos

cadirojas@hotmail.com

Paraguay es un país rico en aguas, ya sea aguas de origen superficial, subterráneas o atmosféricas. Pero ésta afirmación no se refleja en la realidad de la gestión de las aguas.

Sí se puede analizar que Paraguay no cuenta con un balance hídrico en detalle y sobre todo actualizado, que nos pueda indicar ¿Con cuánta agua dispone el país?, ¿En qué cantidad se puede utilizar?, según el tipo de usuario, ¿Qué calidad tiene el agua?, en fin varias preguntas que se irán dilucidando con el pasar el tiempo y de los procesos.

Es bueno recordar que aunque Paraguay cuente con una institución la cual es la rectora de las políticas públicas relacionadas al ambiente, cual es la Secretaría del Ambiente, y que por la Ley 3239/07 “De los recursos hídricos del Paraguay”, indique que ésta es la autoridad de aplicación de la mencionada ley; Hoy en día aún faltan varios pasos a seguir para poder tener una gestión de los recursos hídricos armonizada.

Tomando en cuenta los párrafos anteriores se sabe que desde la academia, entiéndase universidades, se puedan hacer análisis sobre la situación de los recursos hídricos y sus respectivas recomendaciones, es así que a mediados el año 2015, con la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (SG/OEA) a través del Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata se pudo desarrollar un proyecto que aborda la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, conocida como la GIRH a nivel local en tres comunidades de la zona sur de la Región Oriental en Paraguay.

El enfoque de GIRH ayuda a administrar y desarrollar los recursos hídricos en forma sostenible, teniendo en cuenta los intereses sociales, económicos y ambientales, reconociendo los diferentes grupos de interés que compiten entre sí, los sectores que usan y abusan del agua, y las necesidades del ambiente.

Plantea un enfoque integrado, coordina la gestión de recursos hídricos en todos los sectores y grupos de interés, y a diferentes escalas, desde la local a la internacional. Principalmente se pone énfasis en la participación en los procesos nacionales de formulación de

leyes y políticas, estableciendo una buena gobernabilidad y creando acuerdos normativos e institucionales efectivos que permitan tomar decisiones más equitativas y sostenibles.

Propone una variedad de herramientas, tales como evaluaciones sociales y ambientales, instrumentos económicos, y sistemas de información y monitoreo.

Es por ello, que ésta propuesta pretende ser innovadora, y movilizar a jóvenes, que en pocos años ya serán profesionales y que puedan apropiarse del enfoque de la GIRH, a fin de que desde estudiantes sepan cómo hacerlo y lo tengan aprendido para ser aplicada en su vida profesional.

## Objetivos del proyecto

### Objetivo General

Brindar herramientas conceptuales para que jóvenes universitarios seleccionados de tres distritos de la zona sur de Paraguay, puedan realizar un diagnóstico de la gestión integrada de los recursos hídricos de su entorno y posteriormente construir recomendaciones técnicas, para hacerlas conocer a sus autoridades locales y la comunidad en general.

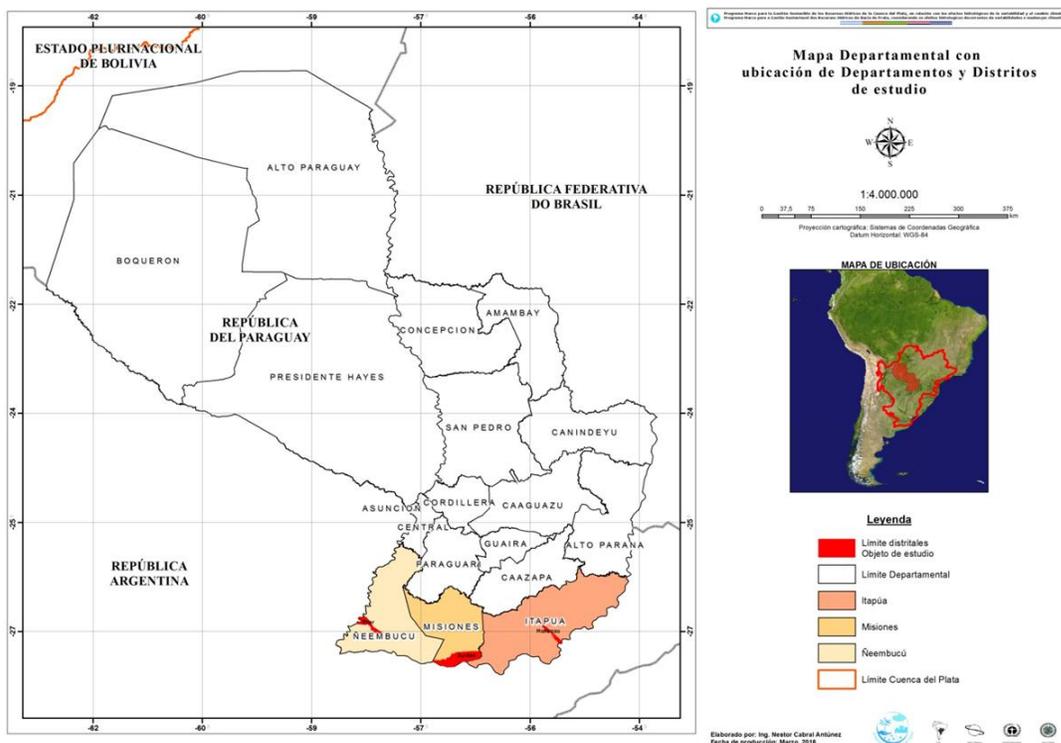


Fig. 1 Área de aplicación del proyecto

## **METODOLOGÍA A DESARROLLAR PARA LLEGAR AL OBJETIVO DEL PROYECTO**

Para poder lograr los objetivos se plantea trabajar por fases. En total serán cuatro fases, que se desarrollaran serán consecutivas.

### **Descripción de las fases:**

#### **Pre fases:**

Elaboración de criterios para selección 24 Jóvenes universitarios.

8 jóvenes del distrito de Pilar, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Universidad Nacional del Pilar, Casa central. 8 jóvenes del distrito de Ayolas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Universidad Nacional del Pilar, Sede Ayolas y 8 jóvenes del distrito de Hohenau, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Católica de Asunción, Sede Hohenau.

#### **Fase I: Capacitación y aprendizaje**

En ésta fase se trabajará con capacitación y aprendizaje dirigida a 24 jóvenes seleccionados.

Se realizará una capacitación estándar con una cantidad establecida de módulos.

La capacitación tendrá una duración de 40 horas cátedra en el enfoque de la GIRH. Éste curso será impartido en las Ciudad de Pilar, Ciudad de Ayolas y Hohenau, y tendrá como publico meta los 8 jóvenes seleccionados en cada ciudad. El lugar físico del desarrollo de la capacitación será en el local de las facultades.

#### **Fase II: Aprender haciendo, la práctica y realización del análisis**

- a) Aprender haciendo y la práctica:
- b) Realización del análisis:

#### **Fase III: Compartiendo el conocimiento con los pares**

En ésta etapa los jóvenes participantes del proyecto ya tiene el conocimiento de la propuesta del enfoque de la GIRH y ya lo llevaron a la práctica. Por lo cual como futuros

profesionales deben tener y desarrollar la capacidad de socializar los resultados técnicos a sus pares (en éste caso, a la totalidad de alumnos de las carreras afines al ambiente).

#### **Fase IV: Poner a disposición de las autoridades universitarias y locales, los resultados**

Exponer el proceso vivenciado por jóvenes participantes y los resultados obtenidos en una charla técnica organizada por jóvenes participantes, dirigida a la personas responsable de la intendencia local y a la concejalía local, con el fin de aportar a la comunidad trabajos bajo el enfoque de la GIRH.

### **CONCLUSIONES**

El trabajo realizado por estudiantes universitarios de aplicar el enfoque de la GIRH en sus comunidades fue para los mismos un desafío, ya que en un primer término la herramienta era nueva para ellos y en un segundo término debían analizar el área de estudio y la relación de las instituciones relacionadas al recurso vista desde la gestión de los recursos hídricos.

Los procesos en cada distrito se vieron desarrollados de forma diferente.

Se ha visto que en el distrito de Pilar, el alumnado involucrado en el proceso era guiado y orientado, principalmente por un profesor, que acompañó todo el proceso desde el vamos hasta la presentación de los resultados frente a sus pares, como a los responsables de la municipalidad de Pilar, así como ante representantes de la Gobernación de Ñeembucú y otras instituciones locales.

El estudio de caso presentado por el alumnado, correspondía geográficamente en 100% a territorio ubicado sobre el distrito de Pilar.

En el caso del Distrito de Ayolas, los estudiantes universitarios, participantes del proceso, hicieron el trabajo de aplicación de diagnóstico en forma totalmente independiente de cualquier ayuda de un profesor/a. Y el área estudiada se encontraba territorialmente en un 100% sobre el distrito de Ayolas.

En lo que se refiere al trabajo de aplicación del enfoque de la GIRH en Hohenau, se destaca que aunque el trabajo fue realizado un 100% por el alumnado, ocurrió que dos de las estudiantes participantes, se encuentran trabajando en proyecto liderados por la facultad donde las mismas estudian, por lo cual, la experiencia dentro de otros proyecto hizo, que aunque no tengan ayuda de ningún profesor/a, los resultados fueron muy bien logrados, así como la responsabilidad asumida en el proceso.

Técnicamente el trabajo presentado en Hohenau, fue el que presentó mayor cantidad de aspectos tomados en cuenta para la aplicación del enfoque.

El área de estudio incluía geográficamente a dos distritos, lo que resultó que en la presentación de los resultados, hayan participado representantes del distrito de Hohenau y de Obligado también.

El trabajo realmente fue muy gratificante, pues una vez aplicado el enfoque los jóvenes expresaron la necesidad de que las instituciones responsables de una u otra manera de la GIRH deben trabajar en forma conjunta, y que la práctica actual es la de trabajar en compartimento estancos.

Se concluyó que es necesaria una fuerte capacitación de los responsables de las municipalidades sobre temas ambientales, que nos compete a todos y todas.

## **ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA Y RESIDUAL EN LA VEREDA MANCILLA DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA**

*Paula Andrea Casas Cortés*

Grupo de investigación Cundinamarca Agroambiental - Universidad de Cundinamarca, Colombia.

paula.casas27@gmail.com

El sistema para el aprovechamiento de agua lluvia y residual, diseñado a partir de materiales locales, es una alternativa para disminuir el impacto ambiental y social, generado por el fenómeno de El Niño, en la Vereda Mancilla del municipio de Facatativá, que en el 2015 disminuyó la oferta hídrica en los caudales del acueducto municipal. Sumado a esto, el alto consumo que demandan las fincas productoras de fresas han limitado el acceso al agua para consumo de los hogares de la Junta de Acción Comunal de la vereda Mancilla. La solución innovadora de este proyecto es el diseño e implementación de sistemas de captación de aguas lluvia compuesto principalmente por sistemas de captación, recolección y almacenamiento, también contará con una serie de filtros para su tratamiento, así como el sistema de riego a partir de aguas residuales.

Esta solución será construida e implementada junto con la JAC Mancilla que es la organización comunitaria de la vereda del mismo nombre en el municipio de Facatativá y conformada por 68 familias, ubicadas dentro de la vereda en forma dispersa. Los impactos ambientales positivos que se desprenden del proyecto se pueden evidenciar en tres grandes componentes: el primero y más importante es el aprovechamiento del agua residual de las unidades familiares, pues con la gestión del proyecto se pretende aprovechar el agua residual que según la generación teórica por vivienda es de 580 litros/día (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000), proporcionando un tratamiento y un re-uso proyectado hacia el lavado de pisos, sanitarios, dotación agua para el ganado y zonas de riego.

El segundo componente es el aprovechamiento del agua lluvia, pues teniendo en cuenta la precipitación anual del sector, la cual es favorables para el proyecto, y potabilizando este recurso, se logrará suplir parte de la demanda del agua de parte de la JAC; como se

muestra por diferentes medios de comunicación y reportes de las autoridades competentes: “Estos problemas de escasez de agua son la consecuencia de los efectos del Fenómeno del Niño y

Facatativá no es la excepción, pues el río Botello y la quebrada Mancilla, los dos únicos afluentes que brindan el líquido vital a los cerca de 145.000 pobladores, se están secando” (EL TIEMPO, 2015).

El tercer componente es la educación ambiental, que, con la participación activa de la comunidad en cada una de las etapas del proyecto, se generará conciencia hacia la importancia del ahorro y uso eficiente del recurso, co-ayudando con esto a los programas de ahorro de agua del municipio y mejoramiento de los resultados de sus indicadores.

Por otro lado, el impacto social radica en la mejora de las condiciones de salud de las personas, por el consumo de agua de mejor calidad y por la producción de alimentos saludables al fomentar las buenas prácticas agrícolas desde el punto de vista del uso del agua en óptimas condiciones. Otro beneficio importante a nivel social es el ahorro monetario generado por el aprovechamiento del agua, en el sentido de que la reutilización evita en gran medida que se utilice y malgaste el agua del acueducto veredal. Esto a su vez genera un aumento en el nivel de ingresos por la venta de productos agrícolas de calidad y la reducción de costos por unidad cultivada.



## *4. GEOHAZARDS AND MITIGATION*

## **EFFECTO EROSIVO DE LA PRECIPITACIÓN ASOCIADA A EVENTOS DE TIPO CICLÓNICO EN EL NORESTE DE MÉXICO: CASO DE ESTUDIO CUENCA DEL RÍO LA SILLA.**

*Víctor Hugo Guerra-Cobián*

Profesor Investigador Centro Internacional del Agua, de la Universidad Autónoma de Nuevo León

victor.guerracb@uanl.edu.mx

México es uno de los países del mundo más afectados por ciclones tropicales y es quizá la única región que puede recibir efectos de ciclones provenientes de dos zonas ciclógenas completamente independientes, la del Atlántico Norte y la del Pacífico Nororiental. Los daños a centros de población asociados a eventos ciclónicos como los huracanes, se han visto incrementados tanto en intensidad como en ocurrencia en los últimos años. Las lluvias que acompañan a los huracanes son extremadamente variables y difíciles de predecir. La fuerte precipitación causa dos tipos de destrucción: El primero es debido a la infiltración del agua en los edificios causando daños estructurales; si la lluvia es continua y persistente, las estructuras simplemente pueden colapsar por el peso del agua absorbida. El segundo, más generalizado, común y mucho más dañino, es la inundación sobre tierra, que pone en riesgo todos los valles junto con sus estructuras e instalaciones críticas de transporte tales como carreteras y puentes.

El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) en el Estado de Nuevo León (México) a través de su historia se ha visto afectada por fenómenos meteorológicos. Específicamente, los eventos hidrometeorológicos que han ocurrido en los últimos cien años son los que se tienen registros o evidencias, ya sea fotográficas o de los cronistas del AMM. Por ejemplo, el huracán Beula de 1967 es el primero de los que se conocen con nombre, el huracán Gilberto de 1988 rompió todos los paradigmas anteriores y dio pie a que se organizara formalmente Protección Civil del Estado. Gilberto era el referente en cuanto a la magnitud y daños ocasionados por las lluvias, y aunque en 2005 se presentó el huracán Emily que puso la primera prueba de resistencia a la Presa Rompe-Picos, no es sino hasta el 2010 con el huracán Alex que se observó la magnitud de destructiva que tienen estos fenómenos.

El huracán Alex fue el primer ciclón tropical de la temporada de huracanes en el Atlántico de 2010. Formado a partir de una potente onda tropical, se desarrolló lentamente en el mar Caribe y se desplazó hacia el Oeste mientras se organizaba e intensificaba hasta tocar tierra al Norte de

la Ciudad de Belice. Su tránsito sobre tierra en la península de Yucatán lo debilitó, pero volvió a ganar intensidad de tormenta tropical al reingresar al mar en el golfo de México. Alex fue el primer huracán que se formó en el océano Atlántico en el mes de junio desde el Huracán Allison de la temporada de 1995.

El principal impacto de Alex fue la lluvia torrencial que se registró en toda la región. En el estado de Tamaulipas, se registraron lluvias que variaron entre los 91.25 y los 315.50 mm. En Nuevo León se habían registrado 242 mm al 1 de julio, aunque en todo el estado, el promedio se registró en 400 mm. El pluviómetro en Estanzuela reportó 890 mm en Arroyo Seco, San Pedro Garza García se registraron 588 mm entre el 29 de junio y las 6 a.m. del 1 de julio. Otras estaciones de Monterrey reportaron entre 359.75 mm y 691 mm de lluvia, mientras que Santa Catarina registró 591.75 mm. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) indicó que los acumulados de lluvia que dejó la tormenta excedieron largamente los producidos por el huracán Gilberto en 1988, cuando sólo cayeron 280 mm en la ciudad.

Las precipitaciones atípicas o extraordinarias que se presentaron durante el paso del Alex ocasionaron grandes pérdidas de infraestructura en varios sitios del AMM. Particularmente la cuenca del río La Silla se vio afectada significativamente por la situación del escurrimiento principal. Se presentaron deslaves, socavación localizada en puentes, vados y alcantarillas; daños y destrucción de infraestructura como: vialidades, áreas recreativas, canchas recreativas, casas habitación, etc. Además, se vio afectada la red de servicios y suministros como: energía eléctrica, agua potable y principalmente drenaje sanitario. Cabe mencionar que, gran parte de los daños ocasionados por los escurrimientos fueron debidos a la invasión de asentamientos humanos dentro de la zona federal del río, a la falta de planeación, y a la permisividad por parte de los gobiernos municipales.

Para dar respuesta a los daños ocasionados por la avenida que se presentó en el río La Silla, la CONAGUA encomendó al Instituto de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León (México) realizar el proyecto ejecutivo para la construcción de infraestructura de protección a centros de población en la cuenca del río la Silla. El proyecto consistió en los estudios de ingeniería como: a) topografía del río mediante un vuelo LIDAR, b) análisis hidrológico utilizando el modelo HEC-HMS, c) análisis hidráulico utilizando el modelo HEC-RAS, d) estudio geotécnico y de socavación, e) estudio de evaluación estructural de puentes sobre el río, f) análisis de riesgos geohidrológicos, y g) diseño de estructuras de protección marginal.

**Referencias bibliográficas**

- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Autom. Control*, 19, 716-723.
- Altava-Ortiz, V., M.C. Llasat, E. Ferrari, , A. Atencia, and B. Sirangelo. 2011. Monthly rainfall changes in Central and Western Mediterranean basins, at the end of the 20<sup>th</sup> and beginning of the 21st centuries. *Int. J. Climatol* 31, 943-1958.
- Jones, P.G. and P.K. Thornton.1997. Spatial and temporal variability of rainfall related to a third-order Markov model. *Agricultural and Forest Meteorology* 86, 127-138
- Katz, R.W. and M.B. Parlange. 1998. Overdispersion phenomenon in stochastic modeling of precipitation. *J. Climate* 11, 591-601
- Nelder, J.A. and R. Mead. 1965. A simplex method for function minimization. *Compu. J.* 7(4), 308-313.
- Woolhiser, D. A. and J. Roldán. 1982. Stochastic daily precipitation models. 2. A comparison of distribution of amounts. *Water Resour. Res.* 18(5), 1461-1468.

## MAPA DE IMPACTO ÁREAS DE CONSERVACIÓN vs. AMENAZAS NATURALES

Lolita Campos Bejarano

Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

l.campos.b@gmail.com

En el caso del reciente paso del huracán Otto por el país –Costa Rica-, a pesar de las pérdidas en vidas humanas y materiales, el daño fue menor debido a la protección que ejercieron los bosques existentes en partes de la Cordillera Volcánica de Guanacaste por ejemplo, donde se ubican los volcanes Tenorio y Miravalles, que están incluidos dentro del Área de Conservación Arenal-Tempisque, así como los bosques y humedales del Corredor fronterizo (Norte), el refugio de Barra del Colorado y el Parque Nacional Tortuguero. Los bosques no sólo restaron velocidad a los vientos, sino que sostuvieron la superficie de suelo o rocas, favorecieron la infiltración para disminuir escorrentía.

En el otro extremo, investigaciones del IMN han indicado que para dentro de 90 años el NW del país será un desierto y también estarán carentes de agua el occidente del Valle Central. Esta temática sigue poniendo sobre la mesa la falta de planificación, voluntad política e intereses creados, para llevar a efecto a mediano y largo plazo un correcto manejo técnico y científico del territorio.

En la mayoría de los casos, los desastres naturales se disparan con el aumento de la pobreza, crecimiento urbano descontrolado, deforestación, hundimientos de suelos, entre otros a causa de la impermeabilización del suelo, la agricultura extensiva como piñales, melonales, bananeras, otros tipos de monocultivos, drenaje de los humedales, embalses para plantas hidroeléctricas y canales de riego que alteran el equilibrio de los ríos, la creciente construcción de grandes hoteles, crecimiento demográfico y el tratamiento inadecuado de los desechos. El mapa muestra una superposición de las áreas de conservación, humedales, zonas climáticas y los desastres causados en los últimos 30 años como sismos, el huracán Otto y se muestran solo los sistemas de fallamiento activo más importantes, se incluyen las áreas potenciales y activas de riesgo volcánico y de deslizamiento.

En los últimos 40 años Costa Rica ha tenido pérdidas materiales de alrededor de US\$ 1100 millones de dólares y 1700 personas afectadas por desastres “naturales”, ya que el 37% de su territorio es vulnerable a tres o más tipos de amenazas: sismos, huracanes, tormentas tropicales,

erupciones volcánicas , inundaciones y deslizamientos . Todo esto redundo según la información del Estado en un 0.8% del PIB para el lapso entre el 2005 y el 2009., y la situación no ha mejorado, por ejemplo con la entrada al territorio en noviembre pasado del huracán Otto.

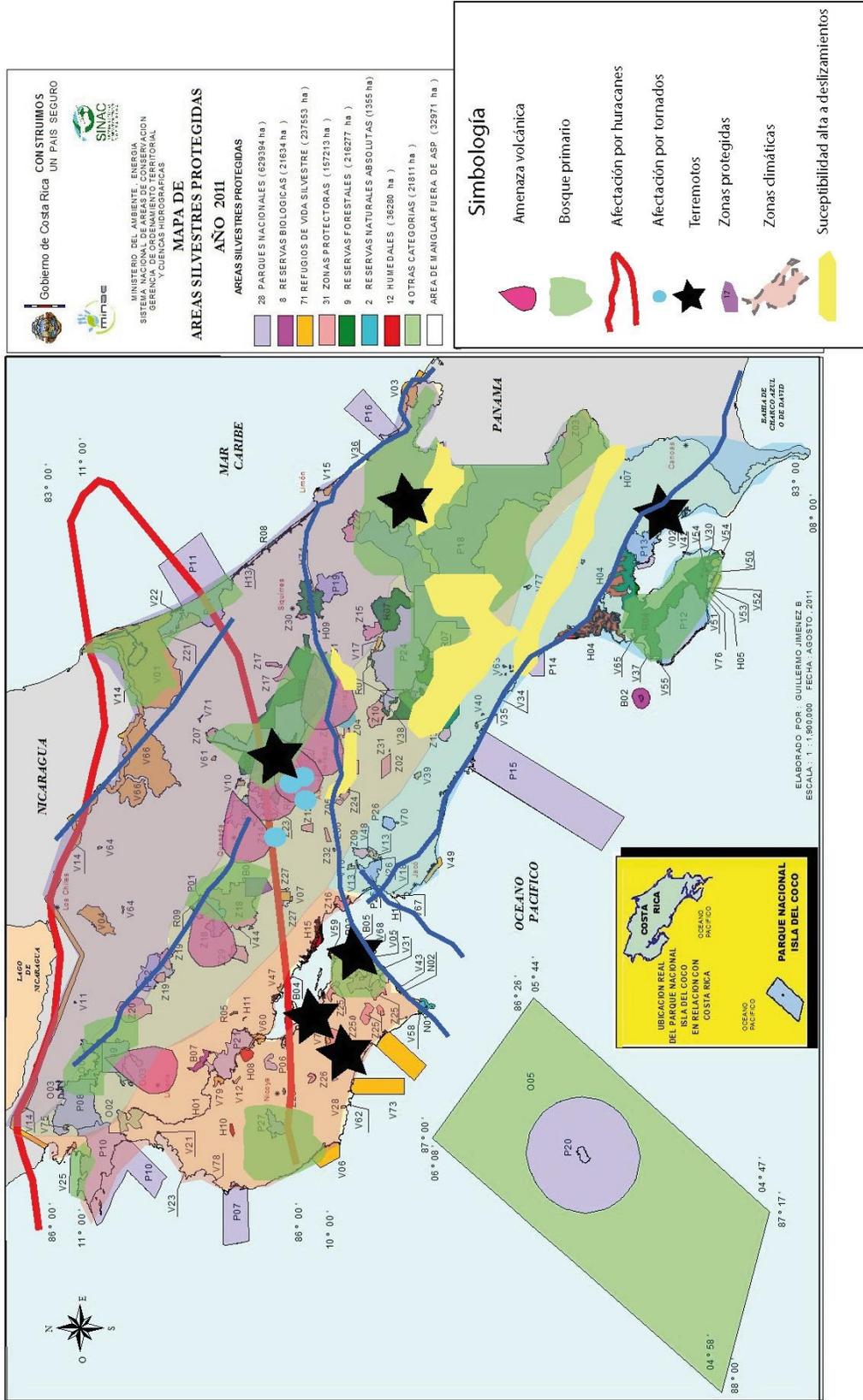
Por lo tanto la implementación de de la función protectora de por ejemplo los humedales costeros en la planificación del uso del suelo, debería considerar datos como que éstos pueden proporcionar por ejemplo en Estados Unidos, hasta US\$ 23.200 millones al año en servicios de protección contra tormentas. Globalmente, se estima que los humedales proporcionan en promedio (valores del año 2000)US \$ 464 por Ha por año en el control de inundaciones. Un estudio de valor de los manglares en Tailandia encontró costos de reemplazo para la protección de la costa de por lo menos US \$ 3.679 / Ha basado en un cronograma de 20 años.

En la mayoría de los casos, los beneficios de la mitigación de desastres vienen acompañados de beneficios como la conservación de la biodiversidad, los medios de subsistencia, la recreación y la conservación de valores culturales.

#### Referencias

<https://www.ucr.ac.cr/noticias/2017/02/07/los-humedales-contribuyen-a-mitigarel-impacto-de-fenomenos-naturales.html>

<http://www.teletica.com/Noticias/137785-Costa-Rica-es-el-segundo-pais-deLatinoamerica-en-riesgo-a-desastres-naturales.note.aspx>



## **GEOLOGÍA AMBIENTAL Y MECANISMOS DE COORDINACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS Y LA MITIGACIÓN DE LOS PELIGROS**

José Frutos

Prof. Visitante Honorario Universidad de Concepción, Chile.

frutosjg@gmail.com

En la ocupación y utilización humana de nuestro planeta se dan muy diversas situaciones geológico-geográfico-ambientales. En esta presentación nos referiremos específicamente al contexto de los países que ocupan zonas móviles de la tierra, poniendo como ejemplo el caso de Chile.

Chile, como país prototipo del “*Cinturón de fuego del Pacífico*”, con un borde móvil de casi 5.000 Kms de convergencia de placas tectónicas fuertemente activas, tiene, desde el punto de vista geográfico, geológico-metalogénico, ambiental y económico, todas las ventajas y desventajas de ocupar esta situación tectónica.

Es así que, en tanto se ha beneficiado de sus ventajas: riqueza minera, energética, turística (miles de kilómetros con cordilleras, lagos, volcanes activos), además de diversidad-fertilidad agrícola, recursos de agua abundantes, y la prosperidad económica que todo ello significa, no ha logrado sin embargo minimizar los daños y riesgos que esta misma situación presenta: destrucción reiterada generada por la frecuente actividad sísmica y acción consiguiente de tsunamis, por remociones en masa y avalanchas, por eventos asociados al volcanismo activo, además de falta de agua para ciudades y actividades mineras, industriales y agrícolas, todo lo cual incide en fuertes pérdidas económicas.

Nuestro análisis indica que estos aspectos negativos se ven incrementados por un alto grado de descoordinación y desconocimiento entre los estamentos legislativos y los servicios gubernamentales que rigen los aspectos urbanísticos, agrícolas, mineros, industriales, energéticos y económicos en general.

Señalamos aquí, en tal sentido, los aciertos, desaciertos y falencias de pertenecer a una zona móvil del planeta, como una manera de: 1) sacar mayor provecho de las ventajas; 2) mitigar-prevenir peligros y desventajas, lo cual incide sustancialmente en alcanzar un mayor beneficio económico para las sociedad en general.

## LANDSLIDE HAZARD ASSESSMENT ALONG OIL & GAS PIPELINES

Fabián E. Vásquez Miño

Private Consulting Engineer

fabian.vasquez.m@gmail.com

### **Background**

Due to geological, geomorphological and climatic situation, landslides can be triggered. This hillside movements can have the energy to break oil and gas pipelines, causing not only serious environmental impacts, but also losses of civil and public property and principally, losses of human lives. The occurrence of serious landslides with serious consequences on the oil and gas industry around the world testifies the magnitude of this problematic.

### **Methods**

Geological maps and landslide inventory maps along pipelines routes are prepared through photo-geology and fieldwork. Landslide hazard is assessed by identifying the kind of landslide and its probability of occurrence. The real threat against the oil & gas pipelines is evaluated after geotechnical surveys have been performed at main active and potential landslide areas.

At the sectors, where the movement of a landslide mass is pushing an undergrounded pipeline; the monitoring of the pipeline deformation using strain gauges, which are directly attached to the external wall of the pipe, is useful. The shape and slope of the time-deformation curves, show the manner how the landslide is affecting to the pipeline (compressing, tractioning rising, twisting) and reveals the state of the landslide activity (inactive, constantly active, re-activated, critical).

The displacement of buried pipelines can be determined using Pipeline Current Mapper (PCM) technology, combined with surveying. With the PCM device, it is possible to establish the depth and position of the pipeline. Geographic coordinates of the recorded position with PCM, are established using surveying equipment. Displacement of pipelines in landslide areas is possible to determine by comparing geographic coordinate readings at different dates.

The depth and extension of a landslide surface is an important factor to assess the landslide risk. Deep landslide surfaces below buried pipelines can be critical, not only because the landslide mass pushes the buried pipeline with more energy, but also because the stabilization of a

landslide with a deep landslide surfaces can be unfeasible due to the high costs. In some cases, it is preferable to build a variant of the pipeline route instead to stabilize the landslide.

The geometry of the landslide surface and consequently, the magnitude of the landslide and the real threat against the pipeline integrity, can be determined by combining and correlating data of geotechnical surveys (mechanical soundings, inclinometer monitoring) and geophysical surveys (refraction and geo-electrical tomography, Refraction Microtremor – REMI, Multichannel Analysis of Surface Waves – MASW).

Design of landslide stabilization works are more precise when the kinematic of a landslide has been correctly established and understood through the execution and analysis of detailed geological, geotechnical and geophysical investigations.

Kinematic models show all relevant information of a landslide such as: kind of landslide, dimensions, depth of landslide surface, depth of groundwater level, landslide activity (potential or active) and geo-mechanical properties of soils and rocks.

With all the above mentioned information it is possible to take right decisions to stabilize a landslide or to reduce the risk (reducing the vulnerability, increasing the preparedness degree). Timely identification of landslide re-activation is a key factor to take proper and opportune corrective actions. A landslide monitoring program along the pipeline route has to be considered. This program shall include systematic ground patrols and landslide activity monitoring with instruments (inclinometers, extensometers, crack-meters, surveying). Aerial surveillance along the ROW is becoming feasible due to the development of drones technology.

A permanent review of seismic activity reports issued by local and international geophysical offices is highly advisable. If an important earthquake is reported at the vicinity of a pipeline, a ground patrol has to be sent to this sector, in order to verify in place, if landslides have been triggered or if dormant landslides have become reactivated.

Another landslide triggering factor is the pluviosity. Weather stations along pipeline systems, especially at landslide areas, are required. Critical amount of pluviosity, which have the potentiality to trigger landslides (specially the kind of mud flows) should be determined. Real-time automated landslide alert systems, based on pluviosity-amount, can be installed. Mud and debris flows are especially critical at pipeline-river-crossings.

Correlations between amount of rain and historical occurrence of landslides can be established for a determined area. The amount of accumulated rain in a determined number of days, can be used as a parameter to implement a landslide alert system.

If possible, dynamic relations between landslide conditioning & triggering factors and changes of landslide activity, should be established. Three examples of such relations are the following:

- Time-interval occurred between changes of rain amount and changes of landslide activity.
- Amount of delayed reaction of landslide activity after changes of pluviosity regime in dependence of the depth of the landslide surface.
- Determination of critical groundwater levels that produce changes in landslide activity.

## **Results**

Most of the here above mentioned methods have been put in practice successfully during more than 20 years of experience of the author, not only working by the oil industry but also doing private consulting activities and landslide research. Some of the here described methods are in process to be implemented (Geophysical surveys MASW & REMI, use of drones).

## **Discussion & Conclusion**

To properly manage the landslide risk along oil & gas pipelines, it is necessary to change from a reacting to a predictive maintenance philosophy. A predictive philosophy managing landslides means that the behavior of a landslide should be well understand. So, it is possible to predict scenarios and take corrective and opportune remedial actions.

Landslide hazard has to be managed in advance, prior that the problem become worst. A landslide process can be easily controlled on its initial phase, but it is very difficult to control, in many cases almost impossible, on a late phase.

Due to the negative impact that landslides can have, it is highly advisable to have a program to manage landslide risk along oil & gas pipelines.

**SOCIAL ASPECTS IN LANDSLIDE STUDY AT MISHQUIYACU  
(LA JOSEFINA AREA) AZUAY, ECUADOR**

*Jaime Bojorque Iñiguez*

Civil Engineering School, Faculty of Civil Engineering, Universidad de Cuenca, Ecuador  
jaime.bojorque@ucuenca.edu.ec jaimeboj@yahoo.com

Delays in geological/geotechnical projects often go beyond the scientific-technical capacity of the team. Legal and social problems arise when mitigation measures, within conflict zones, are proposed.

This presentation is a technical observation to social aspects where external factors such as: not permission to access private property, blocked access to road, etc., caused delays in the correct development of the landslide study.

The zone of Mishquiyacu is affected by an activated landslide along the river Paute, Ecuador, near La Josefina. It has a length of 1,500 m, a width of 600 m. The main escarpment measures 120 m with a depth of 100 m, the volume that involves the slip is estimated at 51'000.000 m<sup>3</sup> of material. In this specific case of the Mishquiyacu (near of the well know La Josefina Landslide), political issues affected the correct performance of the project, affecting in the time of execution of the works.

It was complex to show the people only the technical aspects, due to the fact that, common people do not understand terms such as risk, hazard, vulnerability, they move by their sight and senses. The technical team became the social part of the project, although the project had social mediators, the technical aspects had to be explained in a simple way.

This presentation shows the geotechnical study carried out at the Mishquiyacu site (Paute basin), and the experience in the social aspects of the project.

## GEOGENIC CONTAMINANTS AND RISK MITIGATION MAPPING USING GIS-TECHNOLOGY

*Nury Morales-Simfors<sup>1</sup>, and Jochen Bundschuh<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>NSP Geokonsult HB, MTV, Swedish Defence University, Sweden. simforsmoralesnury@outlook.com*

*<sup>2</sup>Department of Sustainable Development, University of Southern Queensland, Australia  
Arsenic Group, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden Jochen.Bundschuh@usq.edu.au*

Geogenic contamination deals with naturally occurring elevated concentrations of certain elements such as arsenic, fluoride, iron, uranium, selenium and radon in the water, air and soil, which have adverse health effects on humans and may also be carcinogens. Several environmental studies have revealed an increased incidence of thyroid, breast, kidney, and pancreatic cancer as well as other health problems associated with volcanic areas worldwide. Hawaii (Horn-Ross et al., 2011), Iceland (Carlsen et al., 2012; Kristbjörnsdóttir, 2012a, 2012b), Italy (Fano et al., 2002); Malandrino, 2013) and the Philippines (Blot et al., 2005; Miller and Chu, 2011) are among the regions with the highest incidence of cancer (e.g. Thyroid, pancreatic, breast cancer) in volcanic regions worldwide. The exposure to certain minerals have serious effects in human health and represent a new topic of investigation at the international level. They may form under specific conditions of P, T, and pH, during geologic processes that are not yet well understood. They may be present in the air, soil, food and water and enter the organism through the skin, respiratory tract and digestive system. The main goal of this interdisciplinary study is the integration of geochemical, geological and geohydrological databases in the assessment of the human health risk posed by hazardous minerals to society. We will collect data from thyroid cancer outcomes in Cartago, Costa Rica and southern Malawi in order to build a database with environmental indicators for groundwater and soils for the last 10 years. The global and regional variations in thyroid cancer incidence in volcanic areas offer the opportunity of effective prevention programs.



**Fig. 1:** Exposure to geogenic contaminants (GCs) such as metal(loid)s, radioactive metals and isotopes as well as trans-uraniums occurring naturally in geogenic sources (rocks, minerals) can negatively impact on environmental and human health (Source: Bundschuh et al., 2016)

## REFERENCES

- Blot, W.J. and Boice Jr, J.D. 1997. Thyroid Cancer in the Pacific. JNCIJ Natl. Cancer Inst., 89 (1), pp. 90-91, doi:10.1093/jnci/89.1.90.
- Bundschuh, J., Maity, J., Mushtag, S., Vithanage, M., Seneweera, S., Schneider, J., Bhattacharya, P., Khan, N.I., Hamawand, I., Guilherme, L.R.G., Reardon-Smith, K., Parvez, F., Morales-Simfors, N., Ghaze, S., Pudmenzky, H., Kouadio, L. and Chen, C-Y. 2016. Medical Geology in the Framework of the Sustainable Development Goals. Journal Science of the Total Environment (In Press)
- Carlsen, H.K., Hauksdottir A., Valdimarsdottir, U.A., Gíslason, T., Einarsdottir, G., Runolfsson, H., Briem, H., Gudrun, R., Gudmundsson, S., Kolbeinsson, T.B., Thorsteinsson, T. and Pétursdóttir, G. 2012. Health Effects following the Eyjafjallajökull volcanic eruption: a cohort study. BMJ Open 2012;2:e001851,1-10. doi:10.1136/bmjopen-2012-001851
- Fano, V., Cernigliaro, A., Scondotto, S., Perucci, C.A. and Forastiere, F. 2010. The fear of volcano: short-term health effects after Mt. Etna's eruption in 2002. European Respiratory Journal, 36(5): 1216-8. DOI: 10.1183/09031936.00078910.

- Kristbjörnsdóttir, A. and Rafnsson, V. 2012. Incidence of cancer among residents of high temperature geothermal areas in Iceland: a census based study 1981 to 2010. *Env. Health* 2012, 11:73, <http://www.ehjournal.net/content/11/1/73>
- Malandrino, P., Scollo, C., Marturano, I., Russo, M., Tavarelli, M., Attard, M., Richiusa, P., Violi, M.A., Dardanoni, G., Vigneri, R. and Pellegriti, G. 2013. Descriptive epidemiology of human thyroid cancer: experience from a regional registry and the “volcanic factor”. *Frontiers in Endocrinology*, 4 (65), 1-7. doi: 10.3389/fendo.2013.00065
- Miller, B.A., Chu, K.C., Hankey, B. F. Lynn, A. and G. Ries (2008) Cancer incidence and mortality patterns among specific Asian and Pacific Islander populations in the U.S. (2008) *Cancer Causes Control*, 19. 227-256, doi: 10.1007/s10552-007-9088-3
- Noller, B.N., Naidu, R., Bundschuh, J. and P. Bhattacharya (2012) *Understanding the Geological and Medical Interface of Arsenic - As 2012: Proceedings of the 4th International Congress on Arsenic in the Environment, 22-27 July 2012, Cairns, Australia. (Book).*

**FORTALECIENDO LA RESILIENCIA EN COMUNIDADES EDUCATIVAS EN LA CUENCA DEL RÍO PÁEZ ÁREA DE INFLUENCIA DEL VOLCÁN NEVADO DEL HUILA (COLOMBIA)**

*Agudelo, A<sup>1</sup>, Narváez, A<sup>1</sup>, Pulgarín, B<sup>1</sup>, Montoya, L.C<sup>2</sup>, Ramírez, Y<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Servicio Geológico Colombiano, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán. <sup>2</sup> Corporación Nasa Kiwe, Ministerio del Interior. \*aagudelo@sgc.gov.co

**RESUMEN**

Desde el alcance misional del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y de su presencia en el territorio Nasa (Tierradentro – Cauca) a través del Proyecto de investigación y Monitoreo de la actividad volcánica, ha concebido acompañar, desde lo técnico, procesos dirigidos hacia la Gestión Social del Riesgo para la toma de decisiones y propiciar escenarios de participación para la Apropiación Social del Conocimiento Ceocientífico que se genera.

Ante la necesidad de poder avanzar en el conocimiento del fenómeno volcánico tras los eventos ocurridos (erupciones y avalanchas 2007 y 2008) en la Cuenca del Río Páez, en el 2012 se inició un proceso de articulación interinstitucional entre la Corporación Nasa Kiwe (CNK) y el SGC-Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán (OVSPo), a través del diseño e implementación de una Estrategia de Divulgación y Comunicación para la Gestión Social del Riesgo, dando repuesta a los lineamientos propuestos por el Documento Conpes 3667 del 2010 (Consejo Nacional de Política Económica y Social (2010), en los cuales se encuentra el mejoramiento del conocimiento del Riesgo ante nuevas avalanchas y el mejorar la capacidad de respuesta.

Todo un trabajo dirigido hacia el manejo de información y fortalecimiento de capacidades locales, que contribuya en la adopción de una cultura de la Gestión del Riesgo, con comunidades mejor informadas y preparadas dentro de la Cuenca del Río Páez, en área de influencia del volcán Nevado del Huila (VNH).

**Palabras clave:** Gestión Social del Riesgo, comunidad, volcán Nevado del Huila

## INTRODUCCIÓN

Esta experiencia se cimienta a partir de lecciones aprendidas de la comunidad indígena Nasa (Cauca-Colombia) y su empoderamiento durante los últimos 24 años, de pervivir y recuperarse después de los impactos devastadores del sismo que dio lugar a la avalancha sismogénica del 6 de junio 1994 y posteriormente con la reactivación y procesos eruptivos del volcán Nevado del Huila: dos (2) erupciones freáticas en el 2007 y una (1) erupción freato-magmática, noviembre de 2008, emplazamientos de dos (2) domos 2008, 2009 (Pulgarín et al., 2009), lo que conllevó a pensar en un trabajo de articulación interinstitucional entre la Corporación Nasa Kiwe, en asocio con el Servicio Geológico Colombiano - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán, con el apoyo de autoridades locales y tradicionales, dándole vida a los lineamientos trazados, para el beneficio de las comunidades, propuestos en el documento CONPES 3667 del 2010, “Lineamientos de política para la reducción del Riesgo ante la amenaza de flujo de lodo (avalancha) en el volcán Nevado del Huila”. Por lo anterior se inició a mediados de 2012 el proceso de diseño y construcción de una “Estrategia de Divulgación y Comunicación para la Gestión Social del Riesgo - EDCGSR” (CNK, 2012) con seis (6) centros educativos piloto asentados geográficamente a lo largo de la Cuenca del Río Páez (área de influencia volcán Nevado del Huila), la cual se soporta en tres dimensiones fundamentales: la pedagógica, la social y la Edu-comunicativa.

El desarrollo de este trabajo ha propiciado escenarios de encuentro a partir del diálogo de saberes para acercar el conocimiento técnico-científico y tradicional (Agudelo y Narváez 2016), además de analizar las diversas formas de percibir el Riesgo volcánico desde lo individual y lo colectivo, a través de la aplicación de metodologías de investigación social y la construcción de materiales edu-comunicativos, lo que han permitido la apropiación de los conceptos de la Gestión del Riesgo, además de impulsar la promoción de líderes o gestores (estudiantes, docentes, padres de familia entre otros), la elaboración de planes de acción articulados a los modelos de Educación propia tradicional - PEI (Planes Educativos Institucionales), todo dirigido hacia la interiorización y fortalecimiento de la capacidad local, que contribuya en la adopción de una cultura de la Gestión del Riesgo, para la salvaguarda y pervivencia de las comunidades que conviven con "anciano canoso" - *îisx tuhme* (volcán Nevado del Huila, en lengua *Nasa Yuwe*, propia de la cultura Nasa de este territorio) dentro de la Cuenca del Río Páez.

## METODOLOGÍA

Haciendo parte del proyecto denominado Estrategia de Divulgación y Comunicación para la Gestión Social del Riesgo, El Servicio Geológico Colombiano dirigió un trabajo sistemático para el fortalecimiento de la Gestión del Riesgo Volcánico (GRV) mediante el desarrollo de talleres con grupos focales, de estudiantes de primaria y secundaria; así como de docentes, padres de familia y líderes comunales tradicionales; lo que permitió reconocer la confluencia de las visiones indígena - occidental para el conocimiento y el



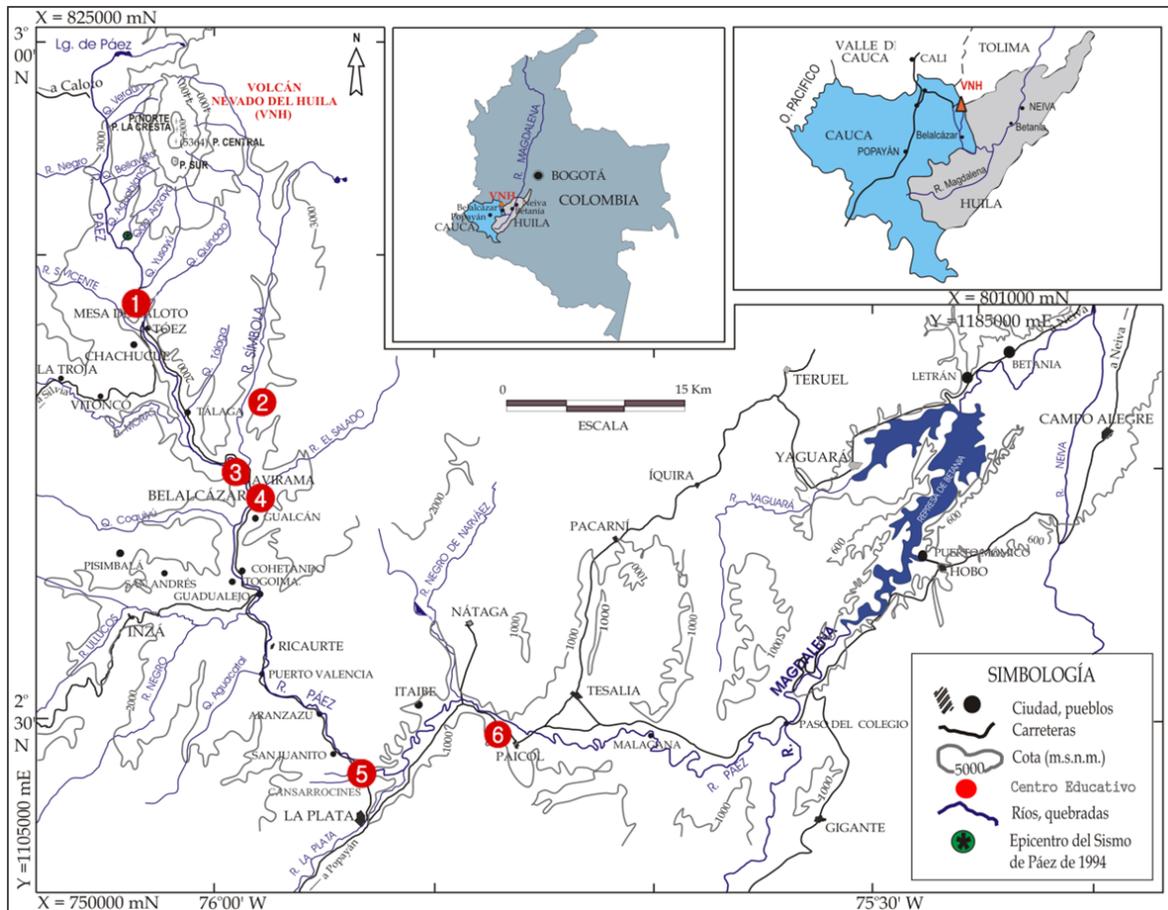
**Figura 1.** Algunos de los encuentros generados para la apropiación social del conocimiento de la Gestión del Riesgo Volcánico desarrollados por el SGC-OVSPo.

manejo de la GRV, todo un proceso de construcción de conocimiento y recuperación de la memoria individual y colectiva (Ver Figura 1). Por lo anterior, era importante concertar unos temas que permitieran fortalecer la EDCGR y al mismo tiempo poder avanzar en la Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico (SGC-OCCyT, 2013) en la comprensión del fenómeno volcánico y de la Gestión del Riesgo.

Desde el alcance técnico, los contenidos temáticos abordados en los encuentros o talleres con grupos focales fueron: **1-** Describir el contexto geológico del Territorio e historia eruptiva del VNH; **2-** Reconocer la amenaza volcánica y sus peligros asociados (interpretación del mapa de amenaza volcánica); **3-** Comprender ¿cómo? y ¿para qué? se monitorea un volcán; **4-** Como manejar las incertidumbres a través de los niveles de actividad volcánica, que comunica el OVSPo; **5-** Mejorar la comunicación y manejo de la información (cadena de llamados, boletines. Comunicados – reportes, informes técnico-científicos sobre la actividad volcánica). Estos espacios se complementaron con ejercicios de cartografía social y entrevistas haciendo uso de la investigación social participativa, lo cual permitió reconocer y abordar las percepciones individuales y perspectivas culturales de la amenaza volcánica en el territorio.

El proceso de apropiación social del Conocimiento Geocientífico parte del proceso de tejer confianza y respeto en la palabra del conocedor del territorio “el experto local”, y fue así, como en el caso de esta experiencia, se fue consolidando esta estrategia, a través de los encuentros con la palabra, el diálogo de saberes y las salidas de campo, en las que se hacían apreciaciones conjuntas del territorio.

A la fecha, Estrategia de Divulgación y Comunicación para la Gestión del Riesgo de Desastres, se ha desarrollado de manera participativa, en seis (6) comunidades educativas de la zona de influencia del volcán Nevado del Huila - Cañón del Río Páez (Departamentos de Cauca y Huila): 1- La Institución Educativa Benjamín Dindicué (Mesa de Caloto, Resguardo de Huila - Cauca), 2- Institución Educativa ACESI (Resguardo Indígena de Guapió – Páez – Cauca), 3- Institución Educativa San Miguel (Resguardo Indígena de Avirama – Páez - Cauca), 4- Normal Superior de Belalcázar, (Cabecera municipal de Páez - Cauca), 5- Institución Educativa Cansarrocines (Municipio de La Plata - Huila), 6- Institución Educativa Las Mercedes (Municipio de Paicol – Huila), (Figura 2).



**Figura 2.** Localización de los Comunidades educativas en la cuenca del Río Páez, que hacen parte de la Estrategia de Divulgación y Comunicación para la Gestión del Riesgo (EDCGR).

## RESULTADOS

Gracias a los encuentros facilitados por la EDCGR entre las comunidades y el SGC-OVSPo a través del diálogo de saberes se pudo reconocer:

Que existe un conocimiento del volcán Nevado del Huila previo a la ocurrencia de las erupciones, fundamentado a partir de la experiencia vivida y del conocimiento ganado con el sismo del 6 de junio de 1994, el cual detonó una gran avalancha a lo largo del Río Páez, lo que permitió a las comunidades responder a nuevos eventos, en este caso volcánicos, ocurridos en el 2007 y 2008, ya que las comunidades reconocían, desde la amenaza, que las emisiones de ceniza y gases generan gran impacto y se asocian a problemas de salud, que los sismos generan temores (escuchan rugir tierra) y que las avalanchas (lahares) son la principal amenaza (han cobrado vidas).

En cuanto al manejo de la información técnica emitida por parte del SGC-OVSPo, las comunidades indígenas resaltan la importancia de contar con información científica, que aporta y complementa la información interpretada por el Médico Tradicional o *The Wala* (en lengua *Nasa Yuwe*) dentro de los territorios.

Desde la cartografía social se evidencian que las representaciones sociales frente al volcán Nevado del Huila dan cuenta de una perspectiva psico-sociocultural del fenómeno, propia de la lectura y de la confluencia entre el saber popular y el conocimiento científico; se interpretaron también las funciones que cumplen en la relación con el volcán Nevado del Huila: de mediación, de resistencia, de pervivencia y de resiliencia.

Las instituciones Educativas y autoridades locales y tradicionales participaron activamente en la elaboración de planes de acción dirigidos a fortalecer los contenidos definidos en los planes de educativos de Gestión del Riesgo.

La perspectiva intercultural de los talleres evidencia la necesidad de habilitar espacios de diálogos, que permitan acercar el conocimiento tradicional y el conocimiento técnico.

Desde la participación lograda durante el proceso se promovió, entre las comunidades, la comprensión de la Ley 1523 de 2012, sobre los deberes y responsabilidades dentro de la Gestión del Riesgo.

## CONCLUSIONES

El Servicio Geológico Colombiano (SGC), está comprometido con el desarrollo y acompañamiento de las actividades de educación y difusión del conocimiento de los fenómenos de origen geológico que permitan fortalecer los lazos de confianza y mejorar las capacidades de respuesta y toma de decisiones de las comunidades, instituciones y autoridades y que éstas sean adaptadas a las realidades de un territorio de complejidades diversas como lo es Colombia.

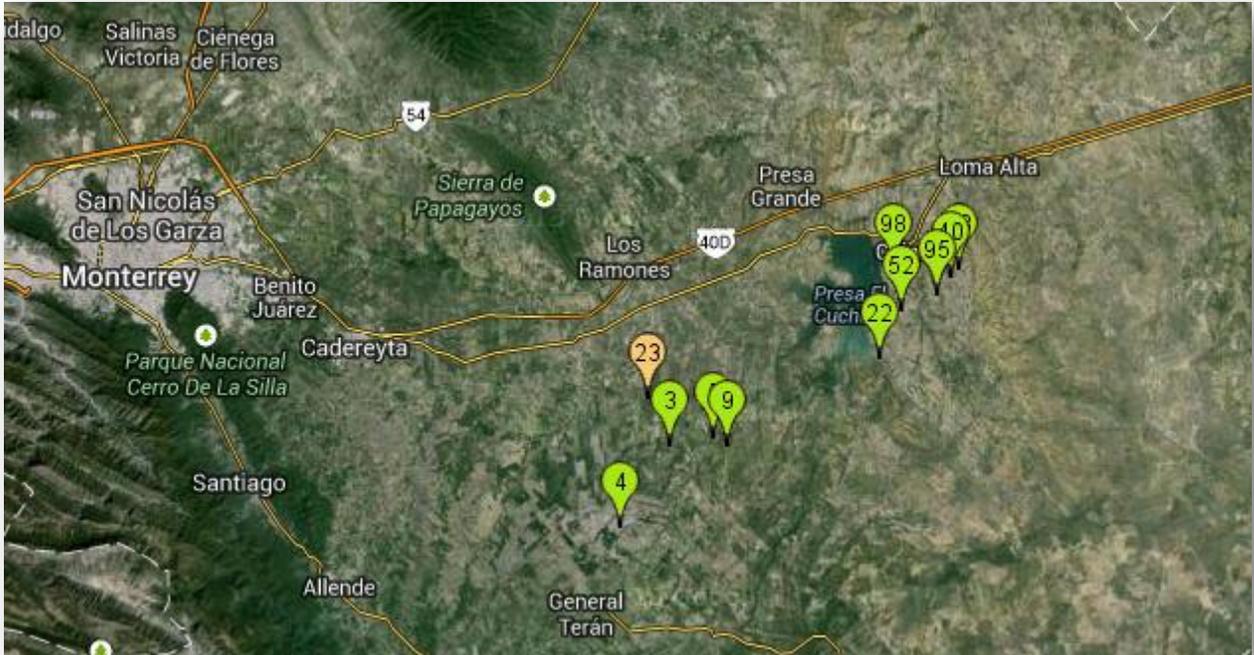
Se deben desarrollar e implementar estrategias edu-comunicativas, respetando los lineamientos culturales locales y adaptados a la realidad o contexto de las comunidades, ya que en ocasiones dichas estrategias se planean desde el escritorio sin reconocer el territorio.

Se reconoce el avance y empoderamiento de la Gestión Social del Riesgo de actores locales dentro de las comunidades en el territorio Páez, gracias a todo un proceso esmerado de trabajo, acompañamiento y presencia de varias Instituciones del Estado en los territorios.

Se evidencia, durante los últimos 10 años, un manejo especial de la Información Geocientífica a partir de las lecciones aprendidas por algunos actores y líderes de la zona de Páez y esta apropiación social del conocimiento del volcán se replica y se sostiene en nuevas generaciones de miembros de la comunidad educativa (como es el caso de la Institución Educativa Normal de Belalcázar) aprovechando el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs), las estrategias de Observatorios Vulcanológicos Abiertos o Itinerantes (llevar el Observatorio Vulcanológico a los territorios), la estrategia de Divulgación para la Gestión Social del Riesgo, así como la Escuela de Gestores y la incorporación de la GRD en el pensum académico, entre otras.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Agudelo, A. y Narváez, A. (2016). Divulcation and Communication Strategy for Social Risk Management, facilitating scenarios between the Nevado del Huila volcano and the Nasa educative community. Abstracts Cities on Volcanoes 9, Puerto Varas, Chile, 2016.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (2010). Departamento Nacional de Planeación, República de Colombia. Documento Conpes 3667 - 2010 “Lineamientos de política para la reducción del Riesgo ante la amenaza de flujo de lodo (avalancha) en el volcán Nevado del Huila”, 77 p. Bogotá, Colombia..
- CNK (Corporación Nasa Kiwe) (2012). Estrategia de Divulgación y Comunicación para la Gestión Social del Riesgo. Informe Interno, 12 p. Popayán, Colombia.
- Pulgarín, B., Cardona, C., Agudelo, A., Santacoloma, C., Monsalve, M. L., Calvache, M., Murcia, H., Ibáñez, D., García, J., Murcia, C., Cuellar, M., Ordoñez, M., Medina, E., Balanta, R., Calderón, Y., & Leiva, O., 2009. Erupciones Históricas Recientes del Volcán Nevado del Huila, cambios morfológicos y lahares asociados. Memorias XII Congreso Colombiano de Geología, 7-11 de Septiembre de 2009, Paipa.
- SGC - OCCyT (Servicio Geológico Colombiano - Observatorio de Ciencia y Tecnología) (2013). Plan de Acción para la Apropiación Social del Conocimiento producido en el Servicio Geológico Colombiano. Convenio de Cooperación No. 033-2013, Primera versión, 45 p. Bogotá, Colombia.



## 5. SEISMICITY AND URBAN IMPACTS

**SISMICIDAD AL INTERIOR DE CONTINENTES.  
CASO NORESTE DE MÉXICO.**

*Juan Carlos Montalvo Arrieta*

Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León

[jmontalvoa87@gmail.com](mailto:jmontalvoa87@gmail.com)

Los grandes terremotos de intraplaca que se originan en el interior de los continentes son raros comparados con aquellos sismos que ocurren en regiones de límites entre placas, sin embargo, estos grandes terremotos ocasionales pueden llegar a ser extremadamente devastadores, debido a que la mayoría de las ciudades localizadas en el interior de los continentes han sido edificadas sin tomar en cuenta criterios de diseño sísmico. En este trabajo se presentan resultados del estudio sismotectónico llevado a cabo en el Noreste de México con énfasis en la región comprendida por la Curvatura de Monterrey. A partir de 11 años de monitoreo sísmico permanente se han identificado dos secuencias sísmicas importantes, la primera de ellas en el periodo de junio 2012 a diciembre 2012 ( $M \leq 3.6$ ) y la segunda de ellas entre octubre de 2013 y abril 2014 ( $M \leq 4.5$ ). Para esta última se describen daños de ligeros a moderados en el área epicentral y fuertes sacudidas del terreno en el área metropolitana de Monterrey. Por último, se evalúa el debate generado en años recientes en la región sobre si el origen de la sismicidad es natural o inducida.

## ZONIFICACIÓN-CARACTERIZACIÓN OBJETIVA DE FALLAS SÍSMICAS EN COSTA RICA Y SU IMPACTO ECONÓMICO-SOCIAL

*Allan López<sup>1</sup>, Birgit Müller<sup>2</sup>, Oliver Heidbach<sup>3</sup>, Wilfredo Rojas<sup>4</sup>, Mario Fernández<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, allan.lopezsaborio@ucr.ac.cr; & Ingeniería Civil, Universidad Latina de Costa Rica.

<sup>2</sup>Institut für Angewandte Geowissenschaften - Abteilung Petrophysik, KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Campus, Kaiserstr. 12, D-76131 Karlsruhe. birgit.mueller@kit.edu

<sup>3</sup>Oliver Heidbach Seismic Hazard and Stress Field, Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences. oliver.heidbach@gfz-potsdam.de

<sup>4</sup>Red Sismológica Nacional (ICE-UCR), Costa Rica. wrojasq@hotmail.com

<sup>5</sup>Escuela de Geografía y Preventec, Universidad de Costa Rica, mario.fernandezarce@ucr.ac.cr

Hemos compilado y analizado una base de datos de 1755 mecanismos focales de terremotos, 26 elongaciones (breakouts) de ocho perforaciones de petróleo, 236 afloramientos con indicadores cinemáticos en fallas y varias orientaciones de conos volcánicos monogenéticos alineados y diques Cuaternarios como datos de entrada para la determinación y el modelado del campo de esfuerzos moderno en Costa Rica, el sur de Nicaragua y el norte de Panamá. Se identifican tres órdenes de magnitud de los esfuerzos, la principal tendencia es sub-paralela a la de N 22°E de convergencia de la placa de Cocos con la placa Caribe. El segundo se reconoce cuando el anterior se acerca a los núcleos de las Cordilleras y a los principales accidentes tectónicos regionales donde es reflejado hacia el norte, mientras que el tercero está representado localmente por contorsiones bruscas y agudas orientadas al noroeste. Estas propiedades, junto a las permutaciones locales y regionales del elipsoide de esfuerzos y su parámetro de forma y estabilidad  $R = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 \cdot \sigma_3$ , explican comportamientos de fallamiento particulares y conlleva importantes implicaciones neotectónicas e impacto económico-social al delimitar con mayor objetividad los volúmenes 3D y su relación directa con la amenaza sísmica y la categorización de las fallas activas. La interpretación de los breakouts fue muy útil para muestrear en forma continua la litosfera superior hasta los 6 km de profundidad mientras que las soluciones focales lo hicieron hasta los 190 kilómetros de profundidad. Se generó un escenario detallado en 3D que representa límites sismotectónicos más realistas y objetivos que los clásicos al aplicar conjuntamente las categorías de clasificación del Mapa Mundial de Esfuerzos junto con la relación tectónica  $R'$  propuesta por Delvaux et al. (1997b) que facilita la representación numérica

de la gama de regímenes detectados:  $R' = R$  cuando  $\sigma_1$  es vertical (extensional);  $R' = 2 - R$  cuando  $\sigma_2$  es vertical (desgarre);  $R' = 2 + R$  cuando  $\sigma_3$  es vertical (compresión) y el sentido de deslizamiento de cada plano nodal seleccionado como el activado. En general, la parte continental está sometida a deformación transtensiva-transpresiva con pequeños volúmenes aislados de extensión pura y el antearco, a lo largo de la Fosa Mesoamericana, contiene compresión pura y transpresión con distensión tipo outer rise hacia el oeste. El arco trasero muestra un estilo de esfuerzo-deformación compresivo-transpresivo.

Para calcular las tendencias al deslizamiento ( $TS = \tau/\sigma_n$ ); dilatación ( $TD = \sigma_1 - \sigma_n / \sigma_1 - \sigma_3$ ), y análisis de la estabilidad de las fracturas ( $FS = \sigma_n - \tau / \mu$ ), solamente se utilizaron tensores de esfuerzo de alta calidad, con la fricción, cohesión y presión de poro inferida o asumida, como insumo. Se presenta el potencial de reactivación teórico de varias estructuras activas estudiadas y responsables de terremotos destructivos recientes.

## Bibliografía

- Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Melnikov, A. and Ermikov, V. (1995). Application of Tensor program to fault-slip data and definition of the Stress Regime Index  $R'$ : Paleostress reconstruction and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Part I. Pre-rift evolution: Paleozoic and Mesozoic. *Tectonophysics*, 252: 61-101.
- Heidbach, O; Reinecker, J; Tingay M; Müller, B; Sperner, B, Fuchs, K; Wenzel, F. ( 2007). Plate boundary forces are not enough: Second- and third-order stress patterns highlighted in the World Stress Map database. *Tectonics*, Vol 26-6
- López, A. (2012). Andersonian and Coulomb stresses in Central Costa Rica and its fault slip tendency potential: new insights into their associated seismic hazard. *Geological Society, London, Special Publications 2012*, v.367;p19-38.doi:10.1144/SP367.3

**AVANCES DEL PROYECTO EXPERIMENTAL “ESTUDIO COMPARATIVO DE  
SISTEMAS DE MUROS DE MAMPOSTERÍA BAJO LA ACCIÓN DE CARGAS  
LATERALES CÍCLICAS REVERSIBLES”**

*JH Chávez-Gómez, R. Pérez-Martínez y F. Ruvalcaba*

Facultad de Ingeniería Civil, UANL

rho\_p\_m@yahoo.com

No obstante que la zona geográfica donde se localiza el estado de Nuevo León se considera de baja sismicidad, en los últimos años han ocurrido sismos que han alertado a las autoridades locales sobre cómo prevenir daños en las construcciones para garantizar mayor seguridad a sus ocupantes y su patrimonio. Ante esta inquietud, el CA Ingeniería Estructural (UANL-CA-338) estudia el comportamiento experimental de muros de mampostería a escala natural sometidos ante carga vertical constante y cargas laterales cíclicas reversibles.

Dichos sistemas estructurales son representativos de la práctica constructiva actual en la región, sistemas que simularán el comportamiento bajo la acción de fuerzas sísmicas y que serán ensayados conforme al protocolo de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del Reglamento para Construcciones del Distrito Federal.

El uso de la mampostería en México tiene aplicaciones diversas, una de ellas es para fines estructurales, por ejemplo en la vivienda de baja y mediana altura. Por otra parte, nuestro país por su ubicación geográfica se encuentra expuesto a varios tipos de amenazas naturales que pueden causar pérdida de vidas humanas, daños a la infraestructura urbana y en la economía. Entre estas amenazas podemos destacar la actividad sísmica que se presenta en un sitio específico y en un tiempo determinado.

Con los resultados de esta propuesta se pretende obtener valores numéricos experimentales, modos de falla, entre otros. Con ello se buscará difundir la información generada entre constructores, ingenieros para desarrollar reglamentos o códigos locales y así garantizar que las construcciones en el futuro sean más resistentes, más durables y de una mejor respuesta ante eventos sísmicos futuros.



## *6. GEOLOGY AND CLIMATOLOGY*

## **CENIZAS VOLCÁNICAS ALTERADAS DE LA FORMACIÓN SAN FELIPE (CRETÁCICO SUPERIOR), SIERRA MADRE ORIENTAL, NORESTE DE MÉXICO**

*Fernando Velasco-Tapia*

Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León

Carretera Linares-Cerro Prieto km 8; Linares, 67700 N.L.

fernando.velascotp@uanl.edu.mx

Las columnas estratigráficas correspondientes al Cretácico Superior desde Alaska hasta el sureste de Estados Unidos incluyen estratos de ceniza volcánica alterada. Las características mineralógicas y geoquímicas de estos horizontes han sido útiles para inferir procedencia, condiciones de depósito, procesos diagenéticos y la edad de la actividad volcánica, así como sus implicaciones paleogeográficas. En el Noreste de México, el Cretácico Superior de la Sierra Madre Oriental (un secuencia sedimentaria mesozoica que fue deformada y cabalgada por los efectos de la Orogenia Sevier-Laramide) incluye a la Formación San Felipe. Esta unidad (espesor total ~ 110 m) está conformada por una secuencia caliza arcillo-margosa, delgada y compactada de color gris claro a verde a causa del intemperismo y con intercalaciones de lutita, que fueron depositados en un ambiente de base de talud y cuenca. Adicionalmente, la formación muestra en promedio entre 15-20 estratos de ceniza volcánica alterada por afloramiento. Es importante señalar que el depósito del material volcánico ocurre al mismo tiempo que se da en esta región la transición de un régimen sedimentario carbonatado a uno clástico. El objetivo del presente trabajo ha sido proponer un modelo conceptual de edad, procedencia, transporte, depósito y diagénesis para estos horizontes volcano-sedimentarios y sus implicaciones en la evolución geológica del Noreste de México.

De esta forma, se levantaron ocho secciones geológicas de la Formación San Felipe (Figura 1), distribuidas entre Monterrey, Nuevo León y Ciudad Victoria, Tamaulipas, a partir de los cuales se colectaron ~100 muestras de estratos de ceniza volcánica alterada (Figura 2a). La mineralogía de las muestras se determinó aplicando análisis petrográfico y difracción de rayos-X. La composición química en elementos mayores se determinó por fluorescencia de rayos-X (XRF), mientras que para los traça se utilizó espectrometría de masas acoplada inductivamente a

plasma (ICP-MS). La composición química de minerales se determinó por medio de un análisis de microsonda electrónica (EPMA). La edad de circones detríticos se estableció por medio de geocronología U-Pb por medio de ablación laser acoplada a espectrometría de masas (LA-ICP-MS).

El análisis mineralógico indica una matriz vítreo-arcillosa (illita, clinocloro y calcita), en la que se encuentran embebidos cristales de cuarzo, feldespato potásico (sanidino y ortoclasa;  $Fsp_{75-95}$ ;  $n = 50$ ), plagioclasa sódica ( $Ab_{70-95}$ ;  $n = 75$ ), zircón ( $Zr_{0.97-0.98}Hf_{0.007-0.020}$ ;  $n = 35$ ), epidota y minerales opacos. En general, las rocas ( $n = 89$ ) muestran composiciones variables en %SiO<sub>2</sub> (= 53.9 – 72.4), %Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (= 10.7-20.2), %Na<sub>2</sub>O (= 0.3 – 7.3) y %K<sub>2</sub>O (= 0.6 – 8.9), que reflejan una fuente volcánica heterogénea o varios centros de emisión. El %CaO es de 0.6 – 9.1, lo que refleja una diferente incorporación de carbonatos durante el depósito. Por otra parte, las rocas se caracterizan por las siguientes composiciones en elementos traza (en ppm): La = 17.0 – 36.8; Yb = 1.4 – 5.8; Ba = 245 – 4000; Nb = 7.0 – 16.0 e Y = 13.0 – 57.0. Sus patrones de lantánidos, normalizados a condrita, se caracterizan por un enriquecimiento en elementos ligeros ( $[La/Yb]_N = 1.5-20.6$ ;  $n = 63$ ), una anomalía negativa de Eu ( $Eu/Eu^* = Eu_N/[Sm_N*Gd_N]^{1/2} = 0.05-0.82$ ;  $n = 63$ ) y un patrón plano para pesados. En diagramas multi-elementos normalizados a MORB, las rocas presentan un enriquecimiento en elementos altamente incompatibles y una anomalía negativa de Nb-Ta. La aplicación de geocronología U-Pb en circones detríticos, separados de estratos de base y techo de la unidad, indica un periodo aproximado de depósito entre 84.5 y 73.7 Ma (Figura 2b).

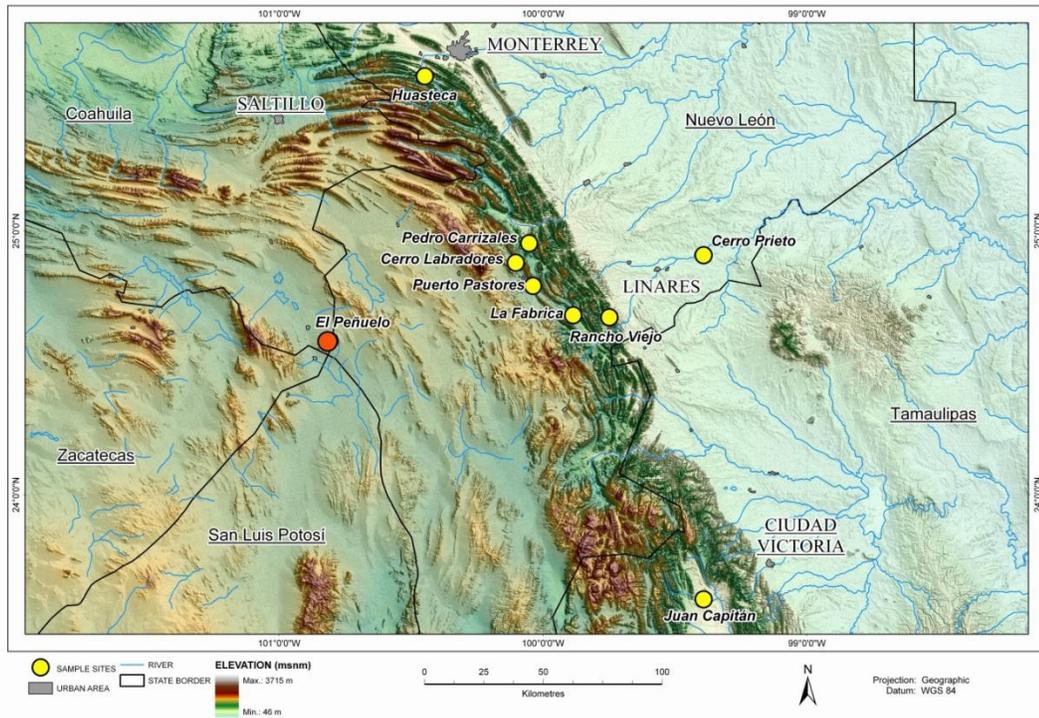
A partir de los resultados del análisis mineralógico, geoquímico y geocronológico, y considerando el marco geológico y tectónico del NE de México, se proponen las siguientes conclusiones (Velasco-Tapia *et al.*, 2016): (a) Diversos indicadores de procedencia (relaciones de feldespato-K/plagioclasa y de elementos inmóviles, composición química de circones detríticos, etc.) sugieren que las litologías fuente de los estratos de la Formación San Felipe fueron cenizas volcánicas de composición intermedia a ácida con una afinidad a corteza continental; (b) De acuerdo a sus características mineralógicas y a su geoquímica de elementos traza inmóviles, estos materiales se clasifican como riodacitas, riolitas o traquiandesitas, que experimentaron un intemperismo variable durante la diagénesis. La aplicación de diversos diagramas de discriminación indica una afinidad a un ambiente tectónico de arco continental; (c) De acuerdo a la geocronología U-Pb en zircón, la ceniza volcánica fue depositada entre el Santoniano y el

Campaniano en un ambiente marino somero de plataforma abierta. Aunque la mayor proporción de las capas muestra un contenido relativamente alto de sílice asociado al vulcanismo, se ha detectado una contribución calcárea y una más limitada de granos detríticos no-volcánicos. De acuerdo a relaciones de elementos inmóviles, el transporte de las cenizas ocurrió sin que ocurriera un reciclaje significativo; (d) Es probable que los volcanes que generaron las cenizas tuvieran su origen en el proceso de subducción de la placa Farallón bajo Norteamérica durante el Cretácico Superior.

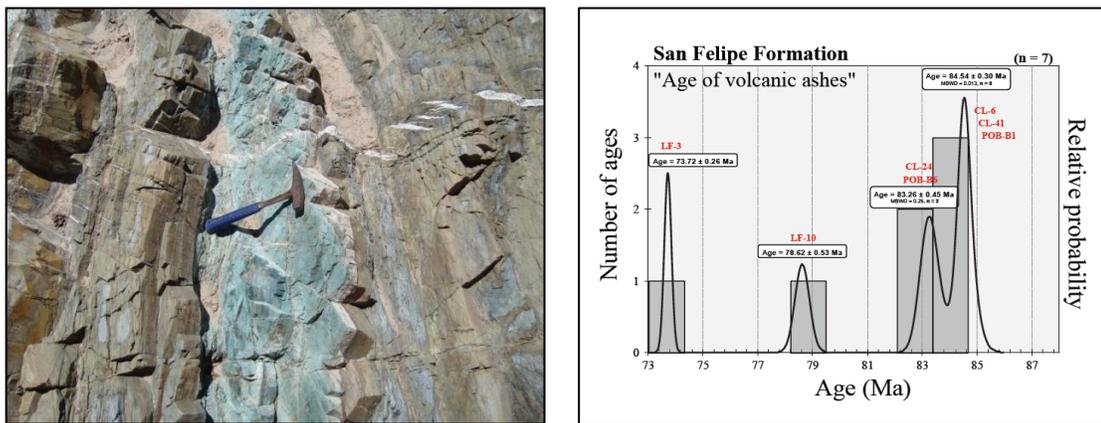
Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de Ciencia Básica CONACyT 0106939 y el proyecto PAICYT UANL CT293-10.

## Referencia

Velasco-Tapia, F., Martínez-Paco, M., Iriando, A., Ocampo-Díaz, Y.E., Cruz-Gómez, E.M., Ramos-Ledezma, A., Andaverde, J.A., Ostrooumov, M., Masuch, D. 2016. Altered volcanic ash layers of the Late Cretaceous San Felipe Formation, Sierra Madre Oriental (North Eastern Mexico): U-Pb geochronology, provenance and tectonic setting. *Journal of South American Earth Sciences* 70, 18-35.



**Fig. 1.** Distribución espacial de las secciones geológicas de la Formación San Felipe (círculos amarillos) en el Noreste de México. El círculo rojo indica la localidad magmática del Cretácico Superior (plutón El Peñuelo) más cercana a la Sierra Madre Oriental. Las líneas negras representan las fronteras de los estados de Coahuila, Zacatecas, Nuevo León y Tamaulipas. Se reportan los nombres de los principales centros urbanos en la región (letras mayúsculas subrayadas) (Velasco-Tapia et al., 2016).



**Fig. 2.** (Izq.) Afloramiento de la Formación San Felipe (Cretácico Superior) en la localidad Cerro Labradores, Galeana, N.L., en donde se observa la intercalación de estratos de ceniza volcánica alterada (color verde) con horizontes delgados de caliza y lutita; (Der.) Intervalo de depósito de la ceniza volcánica (84.5 a 73.7 Ma) de acuerdo fechamientos U-Pb en circones detríticos (Velasco-Tapia et al., 2016).

## WHAT CAN PERMO-TRIASSIC FIRE DYNAMICS TELL US ABOUT POTENTIAL CONSEQUENCES OF CURRENT GLOBAL WARMING?

*André Jasper<sup>1,2\*</sup> and Dieter Uhl<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento Centro Universitário UNIVATES (PPGAD/UNIVATES), Lajeado, Brazil;

<sup>2</sup>Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum, Frankfurt am Main, Germany.

\* Corresponding author (ajasper@univates.br).

Global environmental changes are probably amongst the most important human challenges for the XXI century and the prediction of future developments of the environment is currently an important point of discussion in different spheres and areas of science. To be able to establish future scenarios, it is necessary to look at the geological and paleontological records, mainly to see how and why the Earth has gone through numerous events that changed the environment on different time scales. One way to use this approach is the current debate about global climate change in which the discussion has so far not completely resolved whether the currently observed global warming reflects only short-term climate oscillations or a unidirectional [anthropogenically influenced(?)] long-term trend. A global greenhouse stands in marked contrast to the past 20 m.y. of global icehouse climate and, consequently, this most recent long-term icehouse period may be a poor model to deduce the dynamics of environmental change during continuously directional warming, as expected by current IPCC scenarios for future global warming. The only time in Earth history in which the mosaic of the fully vegetated terrestrial environments was subjected to a long-term transition from icehouse to greenhouse conditions, similar to the one the Earth will maybe experience in the near future, was the Late Palaeozoic.

Based on very incomplete data, this period was regarded as almost fire-free especially in Gondwana for a long time by many scientists. However, in the last decade a lot of evidence has accumulated showing that globally fires were in fact a regular component of many Permian terrestrial ecosystems. One possible reason for the ubiquitous occurrence of wildfires in the Permian was the high concentration of atmospheric oxygen reconstructed for this time, reaching a Phanerozoic maximum during the Permian. Such an oxygen-rich atmosphere must have facilitated the easy ignition and rapid spread of fires, even under conditions of relatively high humidity or in wet habitats such as the extensive Gondwanan and Cathaysian mires. On the other hand, Early Triassic evidences for palaeo-wildfires are rather scarce. Considering that fire

depends directly on the presence of fuel and atmospheric O<sub>2</sub> concentrations, a connection between palaeo-wildfire dynamics and the global palaeoenvironmental crisis that took place on Earth with the Permian-Triassic Mass Extinction is obvious. While the Permian can now be considered a “high-fire period”, comparable to parts of the Cretaceous, the Early Triassic remains a “low-fire period”, with the earliest Triassic probably even a “no-fire period”. When compared with variations in global pCO<sub>2</sub> and pO<sub>2</sub> it is possible to observe a coincidence between those data. Studies about palaeophysiology and the relation between high pCO<sub>2</sub> levels and ocean acidification also demonstrate that the Permo-Triassic Mass Extinction can be related to a drop of pO<sub>2</sub> caused by the massively death of marine phytoplankton, which collapsed the oxygen supplies on Earth. In that scenario, the “high-fire Permian/low-fire Triassic” cycle also reflects the global biological crisis and provides an idea about the expected consequences arising from a global warming caused by the increase of atmospheric carbon dioxide concentration. If no more fire is possible (or is reduced that much that no fossil record is possible), it means that the atmosphere oxygen levels dropped to 12–15%, a dangerously low concentration for life like the one we know nowadays. In that way, the detailed study of the different factors involved in paleo-wildfire dynamics from that specific interval, will certainly leads to a better understanding of the potential effects and maybe dire consequences of recent climate change.

### **Acknowledgements**

The authors thank FAPERGS, CAPES, CNPq (Brazil) and Alexander von Humboldt-Foundation (Germany) for financial support of the research. They also acknowledge DAAD (Germany) and GOAL for the opportunity to publish this abstract.

**LOWER JURASSIC SILICEOUS SEDIMENTARY FACIES OF CENTRAL PERU.  
GEOCHRONOLOGY, STRATIGRAPHY, AND ECONOMIC IMPLICATIONS.  
EXAMPLE FOR A MASS EXTINCTION RELATED TO CLIMA CHANGE**

*Silvia Rosas<sup>1</sup>, Kathleen Ritterbush<sup>2</sup>, David Bottjer<sup>3</sup>, Frank Corsetti<sup>3</sup>, Joshua West<sup>3</sup>, William Berelson<sup>3</sup>, Joyce Yager<sup>3</sup>, Urs Schaltegger<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Ingeniería Geológica, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima 32, Peru. brosas@pucp.edu.pe

<sup>2</sup>Department of Geology and Geophysics, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112, USA

<sup>3</sup>Department of Earth Sciences, University of Southern California, Los Angeles, CA 90089, USA

<sup>4</sup>Section des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université de Genève, Genève, CH-1205, Switzerland

The Lower Jurassic of central Peru is formed by massive and nodular cherty dolomites in the Western Andean Cordillera in contrast to widespread black shale-rich facies of the Altiplano and the Eastern Andean Cordillera. Detailed analyses reveal that cherty dolomites contain sedimentary structures pointing to on-shelf deposition and contrast with deeper deposition systems represented by the black shale-rich facies (Rosas et al. 2007).

Analysis of cherty dolomites evidence a siliceous sponge dominated ecosystem. Siliceous sponges account for early Jurassic chert lithology (Ritterbush et al. 2015). Such occurrences of similar age have been recorded in few other distant locations. Analyses of lowest Jurassic strata at New York Canyon, Nevada, show that after the collapse of the uppermost Triassic carbonate ramp, the lowest Jurassic (Hettangian/Sinemurian) units record a midshelf habitat dominated by siliceous sponges (Ritterbush et al. 2014, Rosas et al. 2015). Our results indicate that the role of biocalcifiers was reduced at the Triassic-Jurassic transition, owed to drastical climate and environmental changes, representing an ecological shift from preextinction carbonate to postextinction siliceous dominated eco-systems. The siliceous sponge takeover was permitted by an increased silica flux product of weathering CAMP basalts. The postextinction dominance of siliceous sponges resulted from a collapse of reef habitats, coinciding with specific seawater composition related to the changes afore mentioned, most likely following massive eruption and subsequent weathering of CAMP basalts and lasting for around 2 million years.

Ammonite associations containing *Arnioceras* and high-precision U-Pb zircon age determinations of volcanic tuffs (199.22 - 198.93 Ma) preliminarily indicate that the cherty dolomites in central Peru prevailed only during Sinemurian. More data is needed to confirm if the

role of biocalcifiers in sediment production in Central Peru was reduced right after the T/J boundary.

Late Triassic carbonates in central Peru host Miocene replacement ore deposits. The lower Jurassic is often erroneously described as “silicified limestones“, but is not replaced by hydrothermal fluids and would better be termed “siliceous sponge rich cherty dolomites“. Thus the siliceous lithology hindered replacement acting as a seal for rising hydrothermal fluids across the underlying carbonate rocks.

Exploration for lower Jurassic oil shales, should be placed at the Eastern Andean Cordillera and not at the Western Andean Cordillera, as suggested before.

## References

- Ritterbush K., Bottjer D., Corsetti F., and Rosas S. 2014. New evidence on the role of siliceous sponges in ecology and sedimentary facies development in eastern Panthalassa following the Triassic/Jurassic mass extinction. *Palaios* 29(12), 652-668.
- Ritterbush K., Rosas S., Corsetti F., Bottjer D., and West J. 2015. Andean sponges reveal long-term benthic ecosystem shifts following the end-Triassic mass extinction. *Paleo3* 420, 193–209.
- Rosas S., Fontboté L., and Tankard A. 2007. Tectonic evolution and paleogeography of the Mesozoic Pucara Basin, central Peru. *Jour. South Am. Earth Sci.* 24, 1–24.
- Rosas S., Ritterbush K., Bottjer D., Corsetti F., West J., and Schaltegger, U. 2015. The Aramachay Formation in the Western Cordillera of Central Peru, Sedimentary Facies, Paleocology, Geochronology, and relation to Metallic Ore Formation. *STRATI2015*, 1 p.

## CONSECUENCIAS DE LA ANOMALÍA TÉRMICA DEL NIÑO COSTERO EN LA COSTA NORTE Y CENTRO DEL PERÚ- VERANO 2017

Maria del Pilar Rodriguez W.

Consultor - Geología RIGEL SAC

mpgrodiguez@yaho.com

Durante los meses de febrero y marzo de 2017, se desarrolló a lo largo de la costa central y norte una serie de eventos climáticos extraordinarios que causaron daños extremos en las ciudades y poblaciones. Lluvias, grandes avenidas en los ríos con inusitada activación de huaycos han caracterizado estos fenómenos produciendo destrucción de construcciones civiles como viviendas, carreteras, puentes, etc. Estos han sido los efectos más saltantes del aumento de hasta 4°C de la temperatura del mar a lo largo de la costa norte y sur.

Este aumento de temperatura usualmente es contrarrestada por la acción de los vientos alisios de orientación sureste a noroeste lo cual ocurrió muy débilmente en este periodo.

Desde fines del año 2015 se detectó un ligero incremento de temperatura del mar costero que llevó a una llamada de alerta y a la conformación de un organismo de seguimiento (ENFEN) frente a un posible Fenómeno del Niño. Los controles de temperatura que siguieron durante todo el año 2016 llevaron al ENFEN a concluir que este año no se produciría el Fenómeno del Niño. Sin embargo a partir de diciembre de 2016 se empezó a detectar un incremento mayor de la temperatura del mar que luego dió lugar a la denominada Anomalía térmica del Niño Costero que ha llegado a causar mayores daños que un Fenómeno del Niño.

Históricamente se reportan que eventos similares en el año 1925 y siglo XIX. Asimismo en sitios arqueológicos como Sechin (Casma) y de otras culturas preincas costeras se observan presencia de depósitos aluvionales que cubrieron sectores de estos centros culturales.

Se presenta datos climáticos que precedieron este fenómeno y durante éste y se abre la discusión sobre las consecuencias en diferentes aspectos (geológicos, sociales, etc.).

## EVOLUCIÓN DE LOS GLACIARES DEL ECUADOR DURANTE LOS ÚLTIMOS 60 AÑOS Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

Bolívar Cáceres Correa

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI

Programa Glaciares Ecuador

ernestocaceres2002@yahoo.com.mx

El primer inventario de los Glaciares del Ecuador data de la década de los ochenta y fue realizado por Stefan Hastenrath y Ekkehard Jordan mostrando valores de 92 km<sup>2</sup>. No fue hasta el año 2010 que este inventario fue actualizado por el Ing. Msc, Bolívar Cáceres responsable del Programa Glaciares Ecuador en INAMHI utilizando las últimas fotografías aéreas disponibles a la fecha correspondiente al año de 2006 encontrándose un valor de 48 km<sup>2</sup> como se muestra en la tabla #1

### *Cordillera Occidental ( Western Cordillera)*

Montaña	Lenguas Glaciares	Area (Km <sup>2</sup> )	Fuente
<i>Iliniza</i>	2	0,3	Cáceres , 2010
<i>Carihuayrazo</i>	2	0,2	Cáceres , 2010
<i>Chimborazo</i>	22	9,4	Cáceres , 2010
		<b>10,0</b>	

### *Cordillera Oriental ( Eastern Cordillera)*

Montaña	Lenguas Glaciares	Area (Km <sup>2</sup> )	Fuente
<i>Cayambe</i>	20	9,3	Cáceres , 2010
<i>Antisana</i>	17	12,2	Cáceres , 2010
<i>Cotopaxi</i>	19	11,8	Cáceres , 2010
<i>Altar</i>	6	4,6	Cáceres , 2010
		<b>38,0</b>	

Tabla 1.- Inventario de los Glaciares del Ecuador al año 2006. Cáceres B. 2010.

Al momento dicho inventario se encuentra en una nueva actualización realizada por el mismo profesional, se estima que se tendrá un valor cercano a los 38 km<sup>2</sup>.

Sobre las tablas 2, 3, 4 y las figuras 1 y 2 se muestran los principales resultados obtenidos hasta el momento:

Glaciares del Chimborazo:

Foto-Fecha	Area (km <sup>2</sup> )	Reducción (%)
<b>1962</b>	<b>27,7</b>	<b>100</b>
<b>1997</b>	<b>11,82</b>	<b>57,36</b>
<b>2006</b>	<b>9,43</b>	<b>65,95</b>
<b>2011</b>	<b>8,45</b>	<b>69,49</b>
<b>2016</b>	<b>7,63</b>	<b>72,45</b>

*Tabla 2.-Evolución de los glaciares del Chimborazo de 1962 a 2016. Cáceres B. 2016*

Glaciares del Cotopaxi:

Foto-Fecha	Area (km <sup>2</sup> )	Reduccion (%)
<b>1977</b>	<b>21,8</b>	<b>0,00</b>
<b>1996</b>	<b>15,43</b>	<b>29,22</b>
<b>2006</b>	<b>11,84</b>	<b>45,71</b>
<b>2011</b>	<b>11,63</b>	<b>46,65</b>
<b>2015-agosto-18</b>	<b>11,56</b>	<b>46,97</b>
<b>2015-octubre-8</b>	<b>11,07</b>	<b>49,22</b>
<b>2016 -enero-28</b>	<b>10,50</b>	<b>51,83</b>

*Tabla 3.-Evolución de los glaciares del Cotopaxi de 1977 a 2016. Cáceres B. 2016*

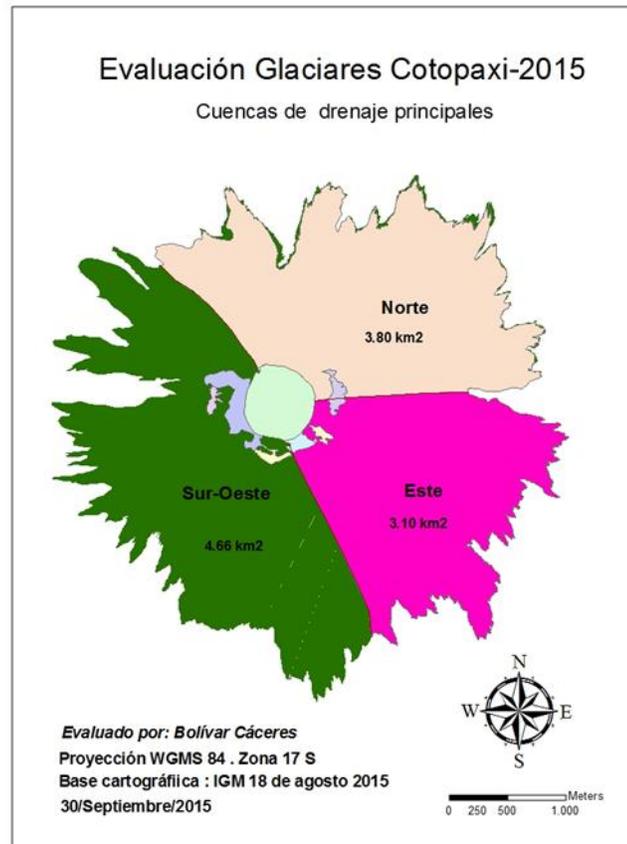


Figura 1.- Evaluación de los glaciares del Cotopaxi para modelación de los flujos laháríticos  
Glaciar del Carihuayrazo:

Año	Area (Km <sup>2</sup> )	Reducción
1956	0,33	0
2003	0,23	29,7
2004	0,22	35,5
2005	0,16	52,3
2006	0,16	53,0
2007	0,15	54,7
2008	0,16	53,0
2009	0,16	53,3
2010	0,14	57,0
2011	0,12	65,3
2012	0,10	68,6
2013	0,09	73,0
2014	0,08	74,6
2015	0,07	78,2

Tabla 4.-Evaluación de los glaciares del Carihuayrazo de 1956 a 2015. Cáceres B. 2015

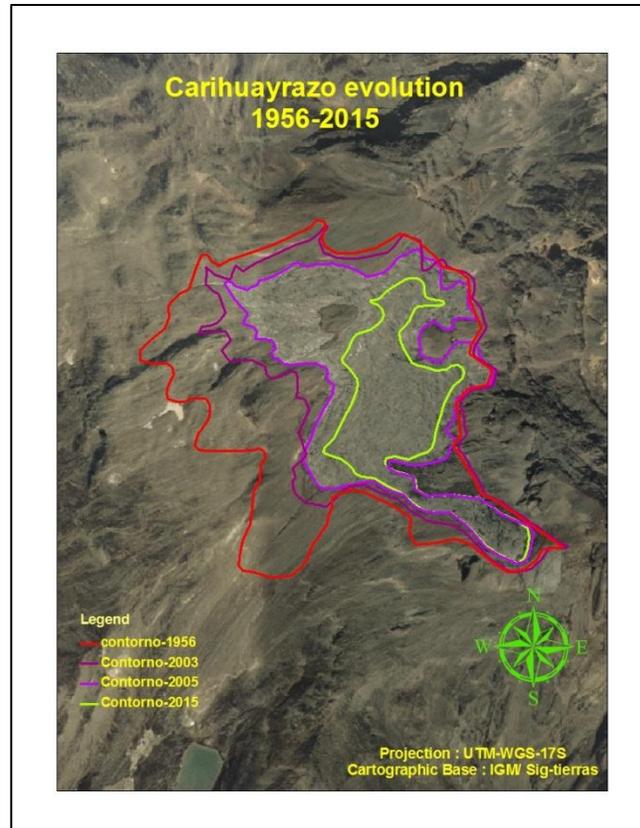
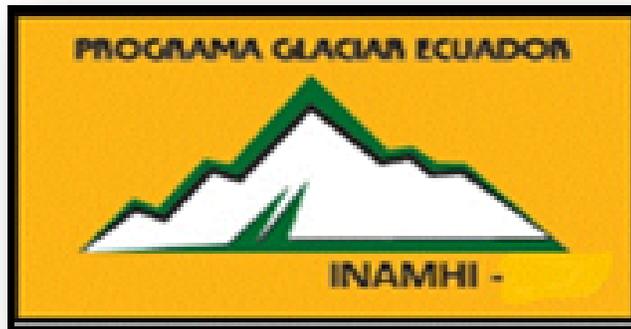


Figura 2 .-Evolución del glaciares del Carihuayrazo de 1956 a 2015. Cáceres B. 2015

Estos resultados han sido presentados en foros Internacionales como son : Cáceres B. AGU-2014 ; Cáceres B. AGU 2015 ; Cáceres B. AGU-2016 y Cacéres et al. COV-9 2016.

En el Ecuador las grandes coberturas glaciares como son el Cayambe, Antisana, Cotopaxi ,Chimborazo y Altar en las próximas décadas sufrirán reducciones apreciables pero no desaparecerán, lo que contrasta con los pequeños glaciares como el Iliniza y Carihuayrazo, cuya desaparición se estima ocurrirá en los próximos años si continua el actual ritmo de derretimiento, caso específico del Carihuayrazo el cual ha sido monitoreado de manera continua en el Programa Glaciares Ecuador desde el año de 2003 y actualmente se está documentando su desaparición definitiva lo que evidencia los cambios especiales en el clima Andino en estas dos últimas décadas.





*FIELD GUIDES*

## OBJETIVOS DEL TRABAJO DE CAMPO TALLER GOAL MÉXICO 2017

*Juan Alonso Ramírez Fernández*

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, México

alonso\_fct@hotmail.com

Una de las partes más importantes de los trabajos de la red GOAL son las actividades conjuntas en el campo. Estas van ligadas estrechamente a los objetivos del respectivo taller, en este caso en México 2017, la relación de las Geociencias con el Desarrollo Social.

El programa incluye:

a) Transecto de la Sierra Madre Oriental 1. Esta importante provincia domina el paisaje y los recursos naturales del NE de México. En el cañón de La Huasteca tendremos la oportunidad de reconocer un ejemplo muy completo de la secuencia carbonatada plegada de la denominada Curvatura de Monterrey. Además se conocerá un ejemplo de una obra civil construida para controlar las avenidas pluviales máximas que representan un gran riesgo para la zona metropolitana de Monterrey.

b) Planta de cemento. La empresa Holcim nos abre las puertas de su planta en Ramos Arizpe, Coah. para conocer a detalle el proceso de elaboración del cemento, bajo estrictas normas de calidad y ambientales.

c) Transecto de la Sierra Madre Oriental 2. En la ruta Linares – Iturbide – Galeana podremos apreciar profundos cortes geológicos naturales que exponen la secuencia mesozoica de la misma Sierra Madre Oriental. Se discutirán aspectos relacionados a los riesgos geológicos e hidrogeológicos.

d) Secuencia evaporítica del Jurásico, Galeana. Impresionantes afloramientos de yesos, que presentan abundantes manifestaciones de efectos kársticos. Se discutirán aspectos geológicos y de riesgos.

e) Incendios subterráneos, Galeana. En cuencas intramontanas del Altiplano Mexicano y a partir de antiguos humedales se depositaron paquetes con abundante materia vegetal, que hoy día y ya en forma de turbas, se consumen en esporádicos y paulatinos incendios subterráneos.

f) Efectos de la minería en Matehuala. Las minas de Pb-Ag-Zn y Cu han dejado una importante derrama económica, pero también efectos ambientales que han sido objeto de abundantes estudios científicos.

g) Real de Catorce. Este Pueblo Mágico, importante sitio minero y sede de centenarias ceremonias indígenas transcendentales, es un punto de visita obligado en México.

h) La ciudad de San Luis Potosí, es geográficamente el centro de México. Cuenta con un importante centro histórico que merece una conservación responsable, atendiendo las recomendaciones basadas en estudios modernos de la Patología Urbana. Además, esta se encuentra localizada en una zona de neotectónica que implica riesgos a la población de este importante centro urbano.

El programa es muy variado y contiene una selección de sitios y lugares que motivarán seguramente al intercambio de opiniones y discusiones, buscando siempre la motivación hacia actividades internacionales conjuntas.

## LA HUASTECA CANYON

*Uwe Jenchen<sup>1</sup> & Juan Alonso Ramírez Fernández*

Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, México

<sup>1</sup>uwe.jenchen@gmail.com

### **1 Introduction**

The Huasteca canyon, Santa Catarina, Nuevo León is part of the Monterrey Salient and sofore part of the Sierra Madre Oriental fold-and-thrust-belt. The area of northern Mexico combines elements from two different tectonostratigraphic provinces—(a) the Gulf of Mexico province, and (b) the western Pacific Mexico province. The area addressed in this day contains elements principally related to both, the Gulf of Mexico passive-margin development with influence of the Pacific related convergent margin (arc) tectonism (mainly the structure).

The Middle Jurassic through Upper Cretaceous tectonic evolution is dominated by divergent-margin development associated with the opening of the Gulf of Mexico, overprinted by nonigneous Laramide orogenic effects. Salt tectonics influenced the deformation style of the Monterrey Salient.

### **2 The Sierra Madre**

The stratigraphic evolution generally is interpreted to be dominated principally by eustacy in so far as thick regional accommodation cycles can be correlated throughout the Gulf of Mexico. The Middle Jurassic to Lower Cretaceous stratigraphy of northeast Mexico can be subdivided into four major second-order depositional supersequences (approximately 15-myr duration), defined as large, regionally correlative, retrogradational to aggradational / progradational accommodation packages (Goldhammer & Johnsson 2001, Figure 1).

The stratigraphic and structural configuration of northeastern Mexico represents a complex tectonic evolution. It initiated in the Permian-Triassic with the Ouachita-Marathon orogenic event, followed closely by Late Triassic to Middle Jurassic rifting of Pangea, subsequent opening of the Gulf of Mexico, and passive-margin development through the Late Cretaceous. It culminated with Laramide foreland deformation through the early Tertiary, with local associated evaporite tectonism.

The Sierra Madre Oriental fold and thrust belt is of Laramide age (Late Cretaceous to Eocene). The belt is characterized by elongated anticlines that trend east to west, curving to the south (further east). The anticlines have very steep, vertical limbs, and some are overturned to the north. Folds are arranged in a series of nappes and may be bounded by thrusts. The deformed section consists of essentially the entire Upper Triassic to Cretaceous rift to passive-margin sequence.

- **Minas Viejas Fm.:** In the Monterrey-Salttillo area, the Minas Viejas evaporite outcrops as deformed masses of gypsum unconformably overlying the Huizachal red beds and/or Paleozoic basement. The Minas Viejas is a marginal-marine deposit that marks the initial marine incursion into restricted, landlocked rift basins. Olvido Fm.
- **La Casita Fm.:** Locally, in northeast Mexico, the La Casita Formation (of late Kimmeridgian to Hauterivian age represents a period of major clastic influx. The age and thickness (650 to 800 m) of the La Casita vary geographically, in part as a function of proximity to the exposed Coahuila block from which most of the detrital material was derived.
- **Taraises Fm.:** The Taraises Formation is the Lower Cretaceous (mid-Berriasian through Hauterivian) deeper-water, offshore facies equivalent to the middle and upper units of the La Casita. It conformably overlies the offshore La Caja, where the distinction between the two units is based on biostratigraphic control. The Taraises, which thickens to the south and east (135 to 500 m thick) away from the main La Casita depocenter, consists of rhythmic-bedded, black, cherty, pelagic lime mudstones and intercalated shales. Locally, a thin (20-m-thick) limestone unit, the San Juan lentil, occurs in the upper portion of the La Casita.
- **Cupido Fm.** (Figure 2): In northeast Mexico, the landscape of the Sierra Madre Oriental is dominated by the carbonate strata of the Cupido Formation (700 to 1200 m thick), which is Hauterivian to early Aptian in age. The Cupido is made up of a prograded, low-angle (low-relief), carbonate bank that steps up and over the underlying Taraises and the basinal equivalent to the Cupido, the Lower Tamaulipas.

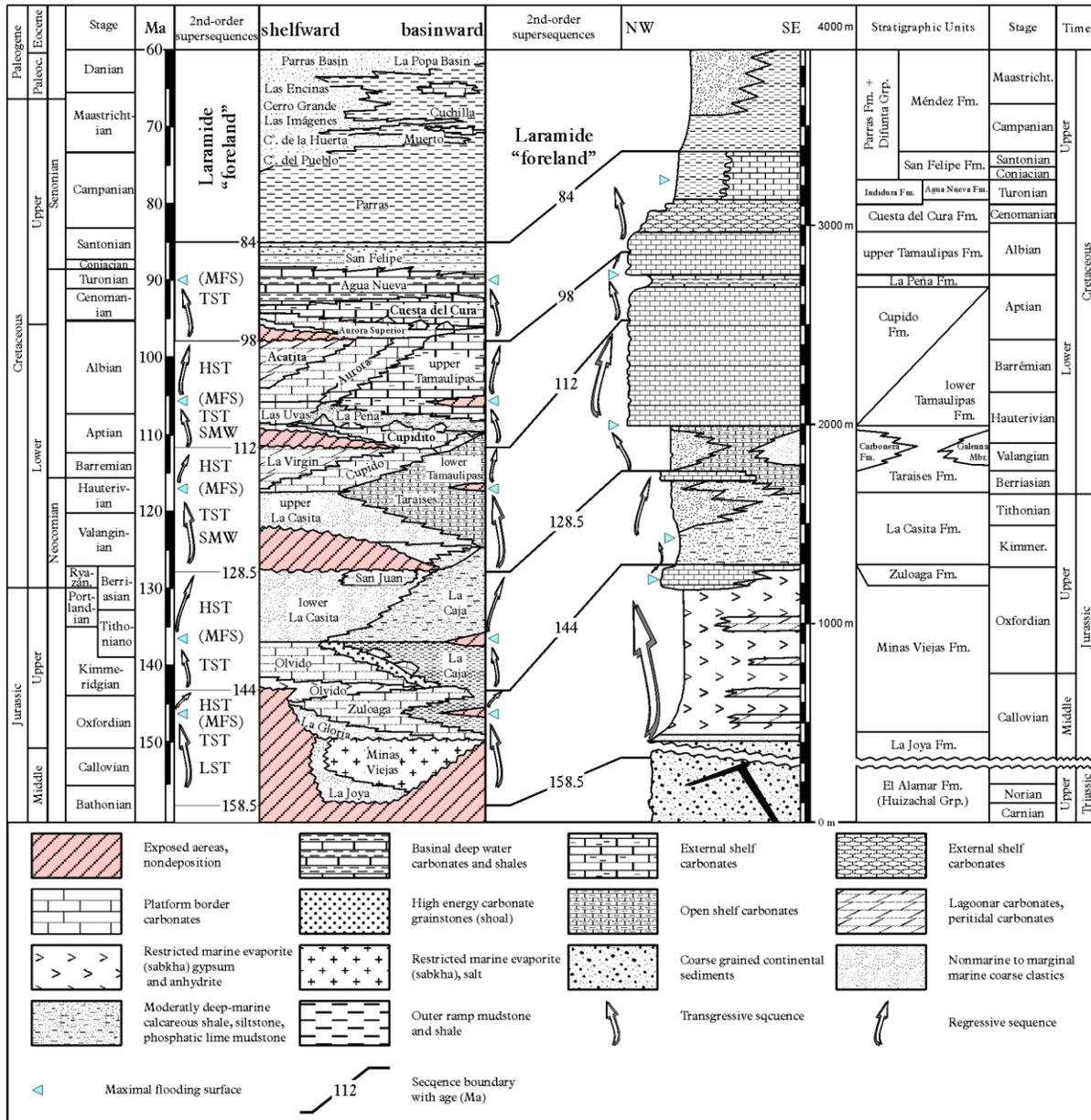


Figure 1: Stratigraphic Table of NE Mexico (Jenchen, 2007).

- **Cupidito Fm.:** The Cupidito Fm. depicts a relative deepening and initiation of retrogradation back over the Cupido bank.
- **La Peña Fm.:** In the Monterrey-Salttillo area, the La Peña Formation is late Aptian and drapes the underlying Cupido in apparent conformity. Consists of thin-bedded, dark, argillaceous, cherty limestones and black shales.

- **Upper Tamaulipas Fm.:** Also prominent in northeast Mexico exposures, the upper Tamaulipas (Albian; 100 to 200 m thick), which is the basal equivalent of the Aurora and is conformable atop the La Peña and beneath the Cuesta del Cura. There it consists of thin-thick-bedded, cherty, dark pelagic mudstone to wackestone, interpreted as deep-water anaerobic to dysaerobic off-ramp deposits.
- **Cuesta del Cura Fm.:** In the Monterrey-Salttillo area, outcropping basinal facies are assigned to the Cuesta del Cura, which is latest Albian to Cenomanian and consists of deep-water pelagic carbonates and shales.
- **Agua Nueva, San Felipe & Méndez Fms.:** From the end of the Cenomanian and throughout the Maestrichtian, paleogeographic and facies relations are drastically. The Basin is dominated by fine grained siliclastics with intercalated volcanic layers (Sn Felipe Fm.). At that time, the Sierra Madre Oriental fold belt developed and migrated west to east. In northeast Mexico, Maestrichtian foreland basins developed in front of the advancing Sierra Madre.

During the visit of the Cañón Huasteca several representative Autcrops will be visited.

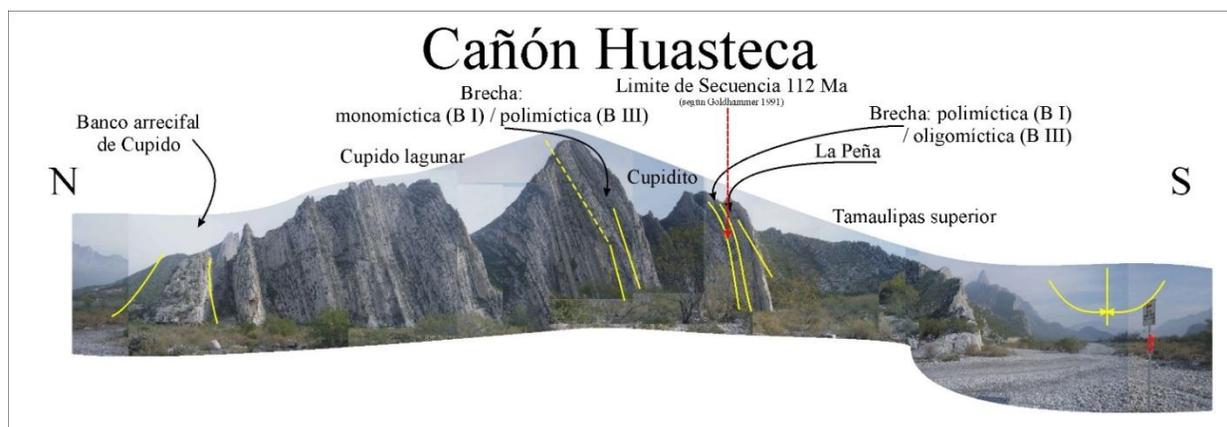


Figure 2: Landscape of the Huasteca Canyon (Jenchen, 2007).

### 3 Bibliography

- Goldhammer, R.K. & Johnson, C.A. (2001): Middle Jurassic-Upper Cretaceous paleogeographic evolution and sequence-stratigraphic framework of the northwest Gulf of Mexico rim. – in: Bartolini, C., Buffler, R.T. & Cantú-Chapa, A. (eds.): The western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems. – AAPG Memoir, **75**: 45-81.
- Jenchen, U. (2007): La Popa Basin, NE Mexico, an analog for near salt deformation and hydrocarbon trapping. – Unpublished Guide Book edited for: Force Norway – Field Trip to the La Popa Basin (October 24 – 28, 2007): 60 p.

## GEOLOGICAL STUDIES ON VOLCANIC TUFFS USED AS NATURAL BUILDING STONES IN THE HISTORICAL CENTER OF SAN LUIS POTOSI, MEXICO

*R.A. López Doncel*<sup>1\*</sup>, *W. Wedekind*<sup>2</sup>, *N. Cardona-Velázquez*<sup>3</sup>, *P.S. González-Sámamo*<sup>1</sup>, *R. Dohrmann*<sup>4</sup>, *S. Siegesmund*<sup>2</sup> and *C. Pötzl*<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> R.A. López-Doncel\* and P.S. González-Sámamo Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Mexico rlopez@uaslp.mx

<sup>2</sup> W. Wedekind, S. Siegesmund and C. Pötzl Geoscience Centre of the University of Göttingen, Germany

<sup>3</sup> N. Cardona-Velázquez Facultad del Habitat, UASLP, Mexico

<sup>4</sup> R. Dohrmann Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Germany \*corresponding author

### Abstract

The use of volcanic tuffs as building elements in historical monuments built during the 17<sup>th</sup>, 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> century are an important part of the cultural heritage in the city of San Luis Potosi, Mexico. For the constructions of the historical buildings pink-colored volcanic tuff rocks of the region were used, geologically defined as units of the “Cantera Ignimbrite”. This rock, locally also known as "Cantera Rosa" shows very different appearances and colors which can vary from pink to dark pink, grey, brown and orange. However these building rocks have significant variations in texture, compositions and mechanical properties and these properties determine the resistance to weathering and deterioration, because they show a wide range of deterioration types, e.g. scaling, flaking, sanding, back weathering and coloration/discoloration. Geological, petrophysical, geochemical and mechanical studies were realized on these rocks to understand the causes of their weathering and deterioration.

**Keywords:** tuff, Mexico, deterioration, porosity, pore distribution

## 1. Introduction

The old mining city of San Luis Potosí in middle Mexico was founded in the year 1592 (Villar Rubio, 2000). Due its important mining activities San Luis Potosí was one of the richest cities of the Nueva España, which was clearly demonstrated in the impressive colonial (Baroque) architecture of the old downtown. For the constructions of these buildings were used volcanic tuff rocks of the surroundings. These tuff rocks are utilized until today for the construction of modern buildings in the city. The uses of the volcanic tuff rock as building element in royal houses, government buildings and religious settlements as chapels and temples build in the 17<sup>th</sup>, 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> century are an important part of the cultural heritage in the city of San Luis Potosi, Mexico (Fig. 1).



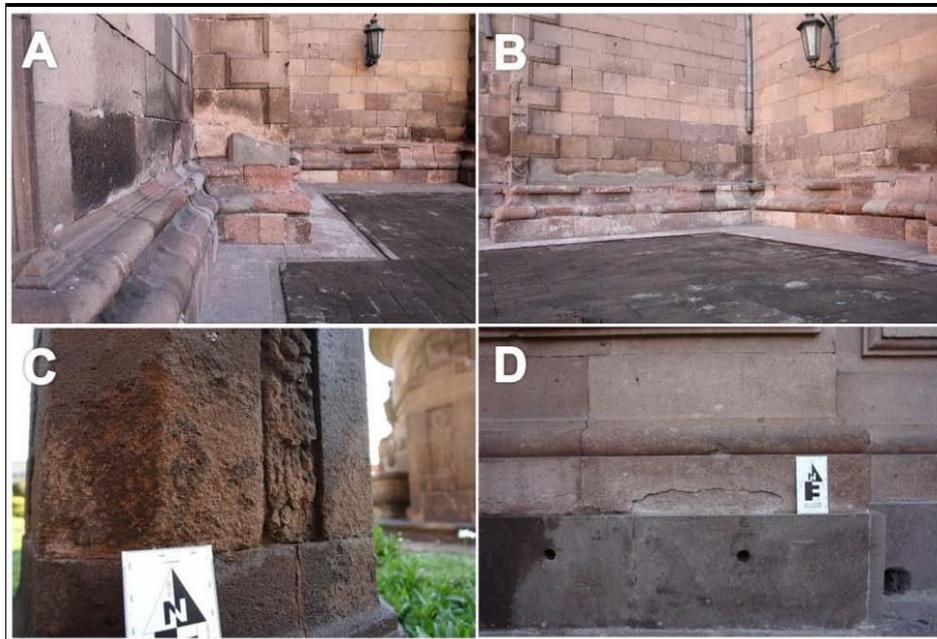
**Fig. 1:** Some of the principal buildings and monuments build with the Cantera Rosa. Left to right: Tower and facade of the San Agustín Church, facade of the El Carmen Church, fountain in the Santuario and Santuario del Desierto Church.

For the construction of the historical buildings in San Luis Potosi were used impressive pink-like colored volcanic tuff rocks of the region, geologically defined as units of the “Cantera Ignimbrite”, which belongs to the Tertiary acid volcanism of the San Luis Potosí-Volcanic Field (SLPVF) (Labarthe *et al.* 1982). These rocks locally grouped and known as "Cantera Rosa" show some variations in color from pink to dark pink, grey, brown and orange (Fig. 2). Although physical appearance of the rocks seems to be not very different, observing nearly and in detail, these building rocks have significant variations in texture, compositions and mechanical properties and these properties determine the resistance to weathering and deterioration, because they show a wide range of deterioration types, that include scaling (Fig. 3c), flacking (Fig. 3d),

sanding, back weathering and coloration/discoloration (Fig. 3a and Fig. 3b; González-Sámamo, 2012). Geological, petrophysical, geochemical, physical and mechanical studies were realized to know the causes of their weathering and deterioration and thereby to contribute to the care, preservation and if necessary restoration of buildings constructed with these rocks.



**Fig. 2:** North wall of the Templo del Carmen. Five variations of the Cantera Rosa can be distinguished here. Cantera Café (brown), Cantera Rosa Claro (light pink), Cantera Rosa Oscura (dark pink), Cantera Naranja (orange) Cantera Blanca (white).



**Fig. 3:** Appearance of the different damage and deterioration types observed in the Cantera Tuff; a and b) Sanding, back weathering and coloration/discoloration in the San Carmen Church; c) Scaling and lost material in the Caja de Agua monument; d) Extensive flaking in lower parts of the south wall of the cathedral of San Luis Potosí.

## 2. Materials and methods

Five different types of Cantera tuff rocks of San Luis Potosí were analyzed petrographically, geochemically and geomechanically in laboratory. The analyzed tuff rocks are (Fig. 4): Cantera Rosa Clara, Cantera Rosa Oscura, Cantera Blanca, Cantera Café and Cantera Naranja. The petrographic analyses were performed on oriented thin sections and studied under a polarizing microscope. The percentage of minerals and matrix was measured using the point counting method. Mineralogical and geochemical analyses were performed using XRD, elemental carbon and sulphur analysis, and CEC analyses. Hydrostatic weighing was carried out to acquire the absolute and apparent density as well as the porosity of each Cantera of San Luis Potosí. The pore radii distribution was determined using mercury injection porosimetry. The hydric and hygric expansion of each rock was measured on cylindrical samples (diameter 15 mm, length 100 mm). For hydric expansion measurements the cylinders were completely immersed in distilled water. The compressive strength load was realized on cylinders with 40 mm in diameter and 20 mm in length using a servo-hydraulic testing machine with a stiff testing frame (3,000 kN/mm<sup>2</sup>) and a load range up to 300 kN. The tensile strength measurements were determined by means of the ‘‘Brazilian test’’. Finally to assess the salt weathering resistance of the five investigated tuffs, a salt-crystallization test was performed. For this test the samples were cut into cubes (6.5×6.5 cm) and were soaked in a 10% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution. The samples stayed about 4 hours in the salt solution and then they were dried in an oven at 60°C -70°C for 48 hours. This process was repeated as often as the sample allows. After each cycle, the samples are weighed to determine the loss of material. Photos documented the result of each cycle.

## 3. Results

### 3.1. Petrography

The Cantera Rosa in all their types has rhyolitic composition. The percentage of crystals and matrix vary of 35% -65% in Cantera Rosa Clara, and Cantera Naranja, 30% -70% in Cantera Rosa Oscura and Cantera Café and < 30% ->70% in Cantera Blanca respectively (Fig. 4). The main crystals are quartz with 45% in the Cantera Rosa Claro and Cantera Naranja, 35% -40% in the Cantera Rosa Oscura and 30% in the Cantera Café. Alkali feldspar (mostly sanidine) is

present in some samples but their amount vary of 35% -40% in the Cantera Blanca, 30% in the Cantera Café (most as orthoclase) and < 30% in the Cantera Naranja Rosa Oscura and Rosa Claro. Cantera Naranja shows the highest content on plagioclase (microcline and anortite) crystals with more than 30%. The types Cantera Rosa Clara and Oscura show euhedral crystals (Fig. 4a and b) and Cantera Blanca, Café and Naranja have mostly anhedral crystals (Fig. 4c, 4d and 4e). Cantera Rosa Clara, Cantera Café and Cantera Naranja show a porphyritic hypocrySTALLINE texture and Cantera Rosa Clara and Cantera Blanca have a vitrophyric texture (Fig. 4).

XRD analysis (Fig. 5) demonstrates that most of the samples are quartz-rich and they show in general a clearly acid composition. Cantera Naranja is the only sample containing additionally microcline and Cantera Rosa Oscura is the only having halloysite. Alkali feldspar (sanidine) is almost exclusively in the Cantera Blanca and the Cantera Café has practically only orthoclase (Fig. 4).

### 3.2. *Petrophysical and moisture properties*

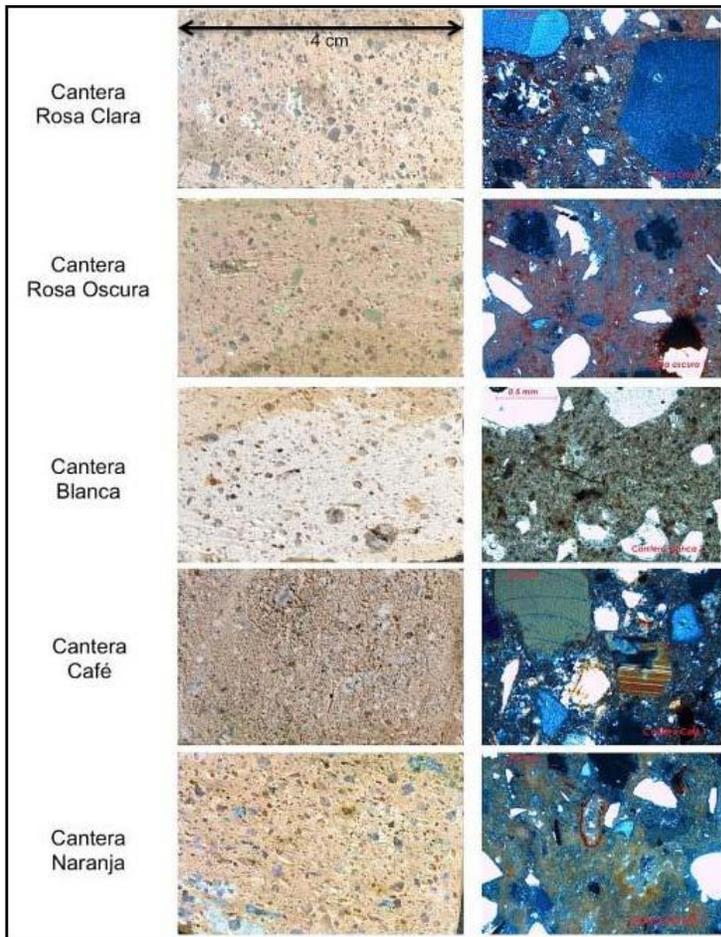
Analyses for the five studied volcanic rocks were performed, in order to determine their density and porosity. The results of the determination of the porosity and density are presented in Tab. 1. As shown in the Tab. 1, the Cantera Café has a greater density than the others tuffs with an average of 2.611 and the lightest is the Cantera Rosa Oscura with 2.331 g/cm<sup>3</sup> respectively.

*Tab. 1: Porosity, density and average pore radius of the studied rocks (López Doncel et al. 2016).*

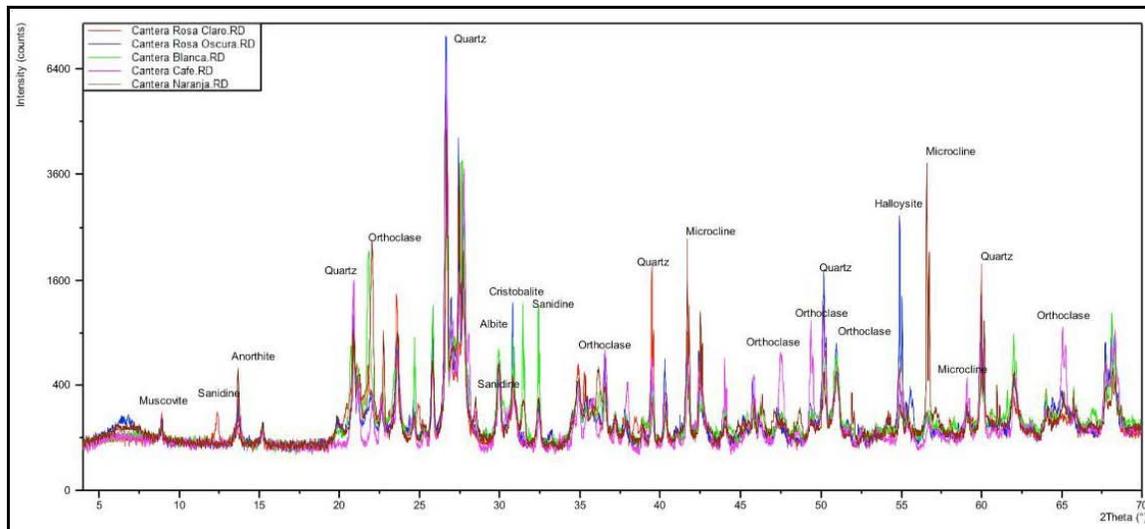
<b>Sample</b>	<b>Porosity</b> (%)	<b>Density</b> (gm/cm <sup>3</sup> )	<b>Average pore radius</b> (µm)
Cantera Rosa Clara	21.14	2.500	0.148
Cantera Rosa Oscura	17.88	2.331	0.476
Cantera Blanca	36.14	2.447	1.080
Cantera Café	25.45	2.611	4.029
Cantera Naranja	23.8	2.500	0.275

The Cantera Blanca has the highest porosity with 36.14% and the Cantera Rosa Oscura shows

only 17.88% of porosity. A very interesting result is that the heaviest tuff (Cantera Café) has the biggest pore radius with an average of 4.029  $\mu\text{m}$



**Fig. 4:** Macroscopic photographs and thin section photomicrographs of the studied rocks (explanation in Text, obj.  $\times 5$ , crossed nicols, except Cantera Blanca parallel nicols)



**Fig. 5:** XRD-diffractograms of the five analyzed volcanic tuff rocks of San Luis Potosí.

The distribution of the pore size in the analyzed volcanic rocks is unimodal by the Cantera Rosa Oscura, Cantera Blanca and Cantera Café (Fig. 6). These three samples rocks are dominated by macropores with pore sizes ranging from 1.0 to 10  $\mu\text{m}$  (Fig. 6). As seen in Tab. 1 the Cantera Café has the biggest pores and it consists practically only of macropores. Cantera Rosa Clara and Cantera Naranja show a bimodal pore size distribution with a very similar porosity (Fig. 6, compare with Tab. 1).

All five samples were tested about the hydric expansion and all of them did not show any expansion and by the Cantera Rosa Claro and Cantera Naranja occur even contraction with values around -0,03 mm/m. The practically non-existent hydric expansion is securely associated to the poor content on clay mineral with average values of 0.3 meq/100 gr after CEC-analysis.

Tensile strength tests under dry and wet conditions were realized on four of the five selected samples and they show values that range from 1.28 MPa (wet) by the Cantera Blanca to 7.05 MPa (dry) by the Cantera Rosa Clara (Tab. 2). The results show that the Cantera Café with a tensile strength average value of 1.83 MPa under dry conditions and the Cantera Blanca with an average value of 1.44 MPa under wet conditions are the less resistant to the strength (Tab. 2). Under dry and wet conditions Cantera Rosa Clara was with values around the 5 MPa the hardest tuff.

*Tab. 2: Tensile strength under dry and water-saturated conditions*

<b>Dry samples</b>		<b>Tensile strength, Mpa</b>			<b>Average</b>
Direction	X-Axis	Y-Axis	Z-Axis		
Cantera Rosa Clara	7.05	4.86	4.13		5.34
Cantera Rosa Oscura	2.94	4.16	3.93		3.67
Cantera Blanca	2.51	2.11	2.16		2.26
Cantera Café	1.43	1.58	2.48		1.83
<b>Wet samples</b>		<b>Tensile strength, Mpa</b>			<b>Average</b>
Direction	X-Axis	Y-Axis	Z-Axis		
Cantera Rosa Clara	4.31	5.71	5.62		5.21
Cantera Rosa Oscura	1.97	1.79	2.72		2.16
Cantera Blanca	1.52	1.28	1.54		1.44
Cantera Café	1.62	1.33	1.99		1.64

The conducted salt bursting tests (Fig. 7) show that after 7 cycles Cantera Blanca lost 20% of its weight and Cantera Café and Cantera Rosa Oscura lost 10 % of their weight. After 14 cycles Cantera Blanca tuff was total destroyed and Cantera Café and Cantera Rosa Oscura had lost around 30% of their weight. Cantera Rosa Clara and Cantera Naranja showed after 14 cycles less than 5% of lost material and have resisted at the end of the test 47 and 48 cycles respectively (Fig. 7).

#### 4. Discussion

The data from the conducted experiments on the natural building rocks show that the tuff with the highest absolute density is the Cantera Café ( $2.611 \text{ g/cm}^3$ ), and it has also the largest pore radii ( $4.029 \mu\text{m}$  with 78% of the pores between  $1\text{-}10 \mu\text{m}$ ), but contrary to expected. it is the rock with the lowest tensile strength ( $1.83 \text{ MPa}$  by dry conditions), therefore the large pores may be the cause that this rock has a poor cohesion and likely poor resistance against weathering.

The tuff rock with the greatest porosity is the Cantera Blanca tuff (36.14%) and it was the less resistant against salt bursting. Laboratory experiments realized with rocks with similar values of porosity showed that these conditions favoured the water uptake by capillarity and with that increase the deterioration (López-Doncel *et al.* 2012, 2013).

The Cantera Rosa Clara tuff with a density of  $2.5 \text{ g/cm}^3$ , porosity of 21.14%, tensile strength values of  $5.3 \text{ MPa}$  and with the smallest pores ( $0.148 \mu\text{m}$  with 94% micropores) is the least-damaged rock under our test (salt bursting and strength). Under wet conditions all the samples were less resistant against strength and e.g. Cantera Café and Cantera Blanca reached values comparable to very soft rocks. As our experiments and tests show, Cantera Café and Cantera Blanca are the most sensitive rocks against salt bursting and tensile strength and under wet conditions both tuff rocks reach critical values of resistance. However, the moderate annual rain fall in this area of Mexico, located in a semi-arid region, seems to be the cause for just an incipient deterioration of this tuff rock after more than 400 years exposure. Recently, the historic center of San Luis Potosi was declared world heritage site and plans to carry out extensive restoration work in different buildings and historical monuments have been initiated. It is precisely for this reason that the study of geological, geochemical and geomechanical properties of the rocks used play a predominant role in the care and restoration works.

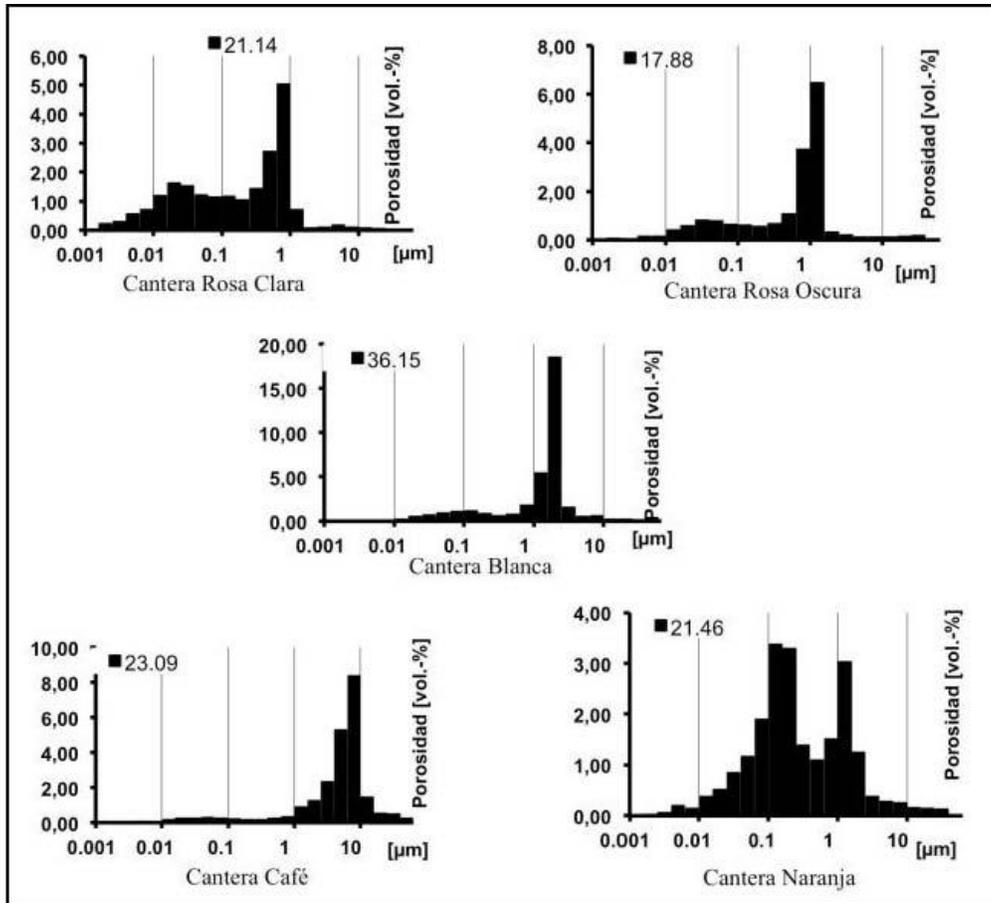


Fig. 6: Pore size distribution (MIP) of the five studied tuffs (López Doncel et al. 2016).

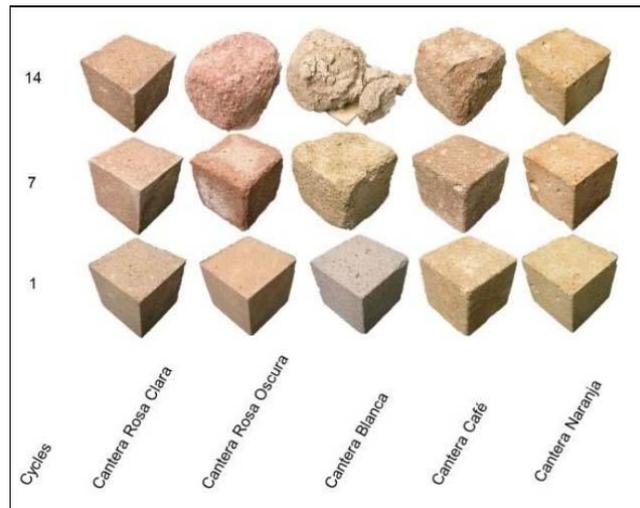


Fig. 7: Salt bursting test conducted on the analyzed tuff rocks of San Luis Potosí. Comparison between the five selected samples after 1, 7 and 14 cycles (López Doncel et al. 2016).

## Acknowledgments

The authors want to thank for the financial support of the CONACyT (BC 191044 and CB 130282). DFG (Si-438/44-1) and the DAAD.

## References

- González Sámano, P.S., 2012, La Formación Cantera; su utilización, durabilidad y deterioro como roca natural de construcción. Ejemplos en edificios históricos de la ciudad de San Luis Potosí. Tesis de Licenciatura, Fac. de Ing – Inst. de Geología, UASLP, 131 P.
- Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M.Y. and Aranda-Gómez, J.J., 1982, Revisión Estratigráfica del Cenozoico de la parte central del estado de San Luis Potosí, Instituto de geología y metalurgia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Folleto Técnico No. 85, p.208.
- López-Doncel, R., Wedekind, W; Dohrmann, R. and Siegesmund, S., 2012, Historical building stones of Guanajuato, Mexico: weathering, properties and restoration. 12th International Conference on the deterioration and conservation of Stones, Extend abstracts book.
- López-Doncel, R., Wedekind, W; Dohrmann, R. and Siegesmund, S., 2013, Moisture expansion associated to secondary porosity. An example of the Loseros Tuff of Guanajuato, Mexico. *Environmental Earth Science*. 69:1189–1201. DOI 10.1007/s12665-012-1781-1.
- López-Doncel, R., Cardona-Velázquez, N. and Wedekind, W., 2016, El rescate del patrimonio cultural pétreo de San Luis Potosí. *Revista Universitarios Potosinos*. 194:6-12.
- Villar Rubio, J.V., 2000, El centro histórico de la ciudad de San Luis Potosí y la obra del ingeniero Octaviano Cabrera Hernández. Facultad del Hábitat, UASLP, 373 P.
- Wedekind, W; López-Doncel, R.; Dohrmann, R. and Siegesmund, S., 2012, Hygric and hydric expansion of tuffs exclusively caused by clay minerals? -12th International Conference on the deterioration and conservation of Stones, Extend abstracts book.
- Wedekind W., López-Doncel R., Dohrmann R., Kocher M. and Siegesmund S., 2013, Weathering and deterioration of volcanic tuff rocks used as building stone causes by moisture expansion. *Environmental Earth Science*. 69:1203–1224. DOI 10.1007/s12665-012-2158-1.



Fotografías: Armin Mathis, Edgar Herrera y Alonso Ramirez

